



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

REVIZE POHONU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

REVISION OF BELT CONVEYOR DRIVE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erik Kledus

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. František Veselka, CSc.

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Erik Kledus

ID: 162633

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Revize pohonu pásového dopravníku

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s významem a problematikou provádění revizí u elektrických zařízení.
2. Zpracujte revizi u zadaného elektrického zařízení.
3. Vysvětlete vznik elektrostatického náboje v dané sestavě a mechanismus poškození vedení válců.
4. Vyhodnoťte získané poznatky.
5. Navrhněte opatření k eliminaci existujícího negativního jevu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ČSN 33 1500, Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení
- [2] Veselka, F., Huzlík, R.: Inspekční a revizní činnost. Akademické nakladatelství CERM,s.r.o. Brno, Brno 2007, ISBN 978-80-7204-568-6
- [3] Honys, V.: Bezpečná Elektrotechnika. IN – EL Praha, 1998
- [4] Veselka, F., Huzlík, R.: Inspekční a revizní činnost, Laboratorní a numerická cvičení. Akademické nakladatelství CERM,s.r.o. Brno, Brno 2007, ISBN 978-80-7204-567-9

Termín zadání: 5.2.2018

Termín odevzdání: 28.5.2018

Vedoucí práce: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Téma bakalářské práce je revize pohonu pásového dopravníku. Obsahuje popis pásového pohonu, jeho rozdělení a možné poruchy. Rovněž obsahuje výsledky provedené revize. Zabývá se vznikem statického náboje a jeho eliminaci. Bakalářská práce rovněž obsahuje měření a zkoušky provedené na pohonu dopravníku.

Klíčová slova

Revize, pohon pásového dopravníku, statická elektřina, poruchy elektrického motoru, prohlídka, zkoušení, měření.

Abstract

The theme of the bachelor work is the revision of the conveyor belt drive. It contains a description of the belt drive, its distribution and possible malfunctions. It also contains the results of the revision. It deals with the formation of static charge and its elimination. Bachelor work also includes measurements and tests performed on conveyor drive.

Keywords

Revision, belt conveyor drive, static electricity, electric motor faults, inspection, testing, measurement.

Bibliografická citace:

KLEDUS, E. *Revize pohonu pásového dopravníku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 57s. Vedoucí práce doc. Ing. František Veselka, CSc..

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma Revize pohonu pásového dopravníku jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne **20. května 2018**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. František Veselka, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne **20. května 2018**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod	1
2	Význam provádění revizí	2
2.1	Výchozí revize	2
2.2	Pravidelná revize	2
2.3	Odpovědnost revizního technika.....	2
2.4	Revizní zpráva.....	3
2.5	Závaznost revizních zpráv.....	3
2.6	Právní aspekty	3
3	Postupy při provádění revizí.....	5
3.1	Prohlídka.....	5
3.2	Zkoušení	5
3.3	Měření	6
3.3.1	Měření izolačních odporů	6
3.3.2	Měření vibrací	7
4	Pásový dopravník	8
4.1	Rozdělení	8
4.2	Konstrukce pásového dopravníku	8
4.2.1	Pohon pásového dopravníku.....	9
4.2.2	Dopravní pás	9
4.2.3	Hnací válec.....	9
4.2.4	Napínací válec.....	9
4.3	Pohony pásového dopravníku	10
4.3.1	Elektromotory	10
4.4	Řízení.....	10
5	Typické závady	11
5.1	Poruchy elektrického motoru	11
5.1.1	Poruchy vinutí.....	11
5.1.2	Poruchy zaviněné nesprávným mazáním ložisek	11
5.1.3	Poruchy zaviněné vibracemi stroje.....	11
5.2	Poruchy válce	11
5.3	Porucha hřídele	13
5.4	Poruchy ložisek	13
5.4.1	Mazání	14
5.4.2	Neodborně provedená montáž	14
5.5	Průchod elektrického proudu.....	15
6	Ložiskové proudy	16
6.1	Statická elektřina na hnacím válci.....	16

6.1.1	Vznik elektrických nábojů	16
6.1.2	Sklon pevných látek k elektrizaci	17
6.1.3	Hromadění elektrických nábojů.....	17
6.1.4	Průběh elektrostatického pole na hnacím válci	17
6.1.5	Elektrické výboje.....	20
6.1.6	Průraz izolace	20
6.2	Pohony s frekvenčním měničem.....	21
6.2.1	Vyrovňovací proud	22
6.2.2	Proud uzemnění hřídele.....	22
6.2.3	Proud kapacitního výboje	22
6.3	Zabránění poškození ložiskovým proudem	22
6.3.1	Základní metody	22
6.3.2	Eliminace statického náboje	22
6.3.3	Preventivní opatření.....	23
7	Kluzný kontakt.....	24
7.1	Kartáče	24
7.1.1	Základní druhy kartáčů.....	24
7.1.2	Inovované provedení kartáčů	25
7.2	Sběrací ústrojí	25
7.2.1	Držáky kartáčů	26
7.3	Komutátory a kroužky	27
7.3.1	Komutátory	27
7.3.2	Sběrací kroužky	27
7.4	Činnost kluzného kontaktu	27
7.5	Opotřebení a životnost kluzného kontaktu	28
7.6	Kartáče na hřídeli střídavých motorů.....	28
7.6.1	Izolovaná ložiska	28
7.6.2	Uzemňovací kartáče	29
8	Analýza pásového dopravníku	31
8.1	Pohon pásového dopravníku	31
8.1.1	Elektromotor	31
8.1.2	Šneková převodovka.....	32
8.1.3	Polštářové bloky typu ložisko	33
8.1.4	Hnací válec.....	33
8.1.5	Napínací válec.....	33
8.1.6	Kostra	34
8.2	Postup kontroly	34
8.2.1	Prohlídka	34
8.2.2	Zkouška.....	35

8.2.3	Měření	35
8.2.4	Vyhodnocení měření.....	36
8.3	Použité přístroje.....	36
8.4	Návrh eliminátoru	37
8.4.1	Kartáčový kontakt.....	37
8.4.2	Bezkartáčový kontakt.....	40
9	Závěr	42
	Literatura	43
	Seznam použitých symbolů, veličin a zkratk	45
	Příloha	46

Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Měření izolačního odporu asynchronního motoru [3].....	7
Obrázek 4.1 Konstrukční provedení pásového dopravníku [24]	9
Obrázek 5.1 Vydřený uchycení válce od ložisek a) extrémní případ, b) porovnání vydřeného (vlevo) a původního válce (vpravo) [20]	12
Obrázek 5.2 Upadlý hnací válec s vyteklým ložiskem.....	13
Obrázek 5.3 a) poškozená hřídel, b) detail hřídele s degenerovaným mazivem [20]	13
Obrázek 5.4 Oběžná dráha s degradovaným mazivem a) vnější kroužek, b) vnitřní kroužek [20]	14
Obrázek 5.5 Promáčklý kryt ložiska [20].....	15
Obrázek 5.6 Drážkování ložiska způsobené nadměrným ložiskovým proudem [20]	15
Obrázek 6.1 Znázornění principu hromadění statických nábojů na strojním zařízení [1]	17
Obrázek 6.2 Zjednodušený fyzikální model nabíjení izolovaného pásu odvíjející se z kovového válce o poloměru R rychlostí v , se znázorněním průběhu intenzity elektrického pole.....	18
Obrázek 6.3 Teoretická (A) a experimentálně zjištěná (B) přímka rozdělující rovinu na části, v které se izolovaná fólie nenabíjí (2) a kde se nabíjí (1)	19
Obrázek 6.4 Závislost hustoty náboje a intenzity elektrického pole na vzdálenost od místa oddělování pásu od válce [20]	19
Obrázek 6.5 Zvětšené krátery v ložiskové dráze [20].....	21
Obrázek 6.6 Možné ložiskové proudy [23].....	21
Obrázek 6.7 Vysokonapěťový zdroj s antistatickou tyčí [16].....	23
Obrázek 7.1 Detail poškozených izolovaných ložisek a) vnitřní kroužek, b) vnější kroužek [19]	29
Obrázek 7.2 Uzemňovací kartáč a) kovogرافitový, b) s mikroválky	29
Obrázek 7.3 Ložisko uložené a) s kartáčem s mikroválky, b) bez kartáče [19]	30
Obrázek 8.1 Popis celého soustrojí [18].....	31
Obrázek 8.2 Štítek elektromotoru [18].....	32
Obrázek 8.3 Štítek šnekové převodovky [18]	32
Obrázek 8.4 Ložisko v polštářovém bloku [18].....	33
Obrázek 8.5 Správně napnutý pás pomocí napínacího válce [13]	33
Obrázek 8.6 Zachycení pohonu na pásový dopravník a) vodorovně, b) šikmě [13].....	34
Obrázek 8.7 Otevřená svorkovnice 3f asynchronního motoru zapojená do hvězdy a) po otevření, b) po zapojení fází a PEN [18]	35
Obrázek 8.8 Schéma zapojení při měření nakrátko [18]	35

Obrázek 8.9 Návrh sběracího kontaktu aplikovaný na zadané soustrojí [18, 20] ...	37
Obrázek 8.10 Kovogracitový kartáč [18]	37
Obrázek 8.11 Držák kartáče [18]	38
Obrázek 8.12 První verze podpěrná konstrukce [18]	38
Obrázek 8.13 Připojená první verze kartáčového eliminátoru	39
Obrázek 8.14 Druhá verze podpěrné konstrukce [18]	39
Obrázek 8.15 Připojená druhá verze kartáčového eliminátoru [18]	40
Obrázek 8.16 Bezkartáčový kontakt vlevo s držákem, vpravo bez držáku [18]	40
Obrázek 8.17 Bezkartáčový kontakt [18]	41

Seznam tabulek

Tabulka 8.1 Změřené hodnoty izolačních odporů.....	35
Tabulka 8.2 Změřené hodnoty odporu fázových vinutí a kabelu.....	36
Tabulka 8.3 Změřené hodnoty napětí, proudu a otáček naprázdno	36

1 ÚVOD

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval problematikou provádění revizí u elektrických zařízení.

Při zpracovávání revize jsem využil některé normy a materiály pro provádění revize elektrických zařízení. Revidovaný objekt jsem si vybral, po dohodě s vedoucím práce. Pohon pásového dopravníku skládající se z elektromotoru, šnekové převodovky, hnacího válce a napínacího válce. Vše je fixováno k pevnému ocelovému rámu. S tímto pohonem jsem se setkal poprvé, ale vždy mě něco lákalo k soustrojím poháněným elektromotorem. Z mého pohledu je to zajímavé zařízení a jsem rád, že jsem si ho vybral do své bakalářské práce.

Zaměřil jsem se nejen na provádění revizí elektrických zařízení podle normy ČSN 33 1500, ale i na problematiku výše zmíněných částí pohonu. Zabýval jsem se hlavními a často se vyskytujícími závadami, které následně způsobí poruchu a vyřadí stroj z provozu. Revizní technik by měl tyto závady rozpoznat a navrhnout postup k jejím odstranění, aby nedošlo k poruše a havárii celé linky.

2 VÝZNAM PROVÁDĚNÍ REVIZÍ

Revize jsou jednou z nejúčinnějších forem prevence škod způsobených elektrickými zařízeními. Mají proto své místo v řadě právních i technických předpisů týkajících se zajištění bezpečnosti technického zařízení i života pracujících. Tomu odpovídá i význam a zařazení profese revizního technika do systému povinné péče o bezpečnost elektrických zařízení. Výsledky provedené revize jsou důležitou informací pro ty hospodářské pracovníky, kteří si v plné míře neuvědomují rozsah své odpovědnosti v tomto směru. [1]

2.1 Výchozí revize

Výchozí revizi je nutno provést vždy před uvedením nového elektrického stroje do provozu, nebo po jeho rekonstrukci. Zajišťuje ji většinou zhotovitel, nebo výrobce.

2.2 Pravidelná revize

Provozovateli je dána povinnost vykonávat minimálně 1x za 12 měsíců kontroly zařízení, nejen mechanické, ale i elektrické části zařízení a to v rozsahu stanoveném v provozní dokumentaci od výrobce, či v interním provozním předpise v dané společnosti, především kontrola má zjistit a ověřit:

- Zda zařízení je používáno k účelům a za podmínek, pro které je určeno, v souladu s provozní dokumentací výrobce.
- Zda nedošlo k úpravám a zásahům na zařízení, které by měly vliv na bezpečnost stroje, jenž nejsou schváleny nebo odsouhlaseny výrobcem stroje a to včetně kontroly ochrany proti neelektrickým nebezpečím, která mohou být vytvářena elektrickými zařízeními.
- Provedení kontroly a zkoušky elektrického zařízení stroje. [15]

2.3 Odpovědnost revizního technika

Výsledek své kvalitně a odpovědně vykonané práce musí zaznamenat do revizní zprávy, která musí být srozumitelná nejen neodborné osobě bez elektrotechnické kvalifikace, ale i provozovateli. V kompetenci revizního technika je zjištění stavu zařízení z hlediska bezpečnosti a upozornit na něj provozovateli. Revizní technik nezodpovídá za neodstraněnou závadu, nebo za provoz zařízení, které ohrožuje životy a zdraví osob. Kromě toho je revizní technik zavázán k tomu,

aby v revizní zprávě navrhl ke zjištěné závadě vhodné bezpečnostní opatření. Například odpojení vadného zařízení. [1]

2.4 Revizní zpráva

Je to dokument, který nám poskytne základní údaje a výsledky provedené revize. Obsah revizní zprávy je uveden v normách ČSN 33 1600, ČSN 33 2000-6 a ČSN 33 1500. Revizní zpráva musí být zhotovena maximálně do týdne po provedené revizi. Provozovatel stroje musí trvale uschovat výchozí revizní zprávu. Nicméně zprávu o pravidelné revizi je potřeba uchovávat jen do vyhotovení následné zprávy.

2.5 Závaznost revizních zpráv

Revizní technik provozovateli doporučuje způsob a termín odstranění nalezené závady. Revizní technik navrhuje, podle svých zkušeností, vhodná opatření k odstranění závady. V případě, když provozovatel, nebo odpovědný zaměstnanec nereaguje na revizní zprávu s uvedenou závadou, pak v takovém případě připadají v úvahu následující řešení:

- a) upozornit nadřízeného pracovníka,
- b) upozornit podnikové orgány,
- c) upozornit orgány státního dozoru.

2.6 Právní aspekty

Veškerá činnost na elektrickém zařízení (měření, revidování, instalace, provoz, atd.) se musí vykonávat v souladu s platnými zákony, nařízeními a vyhláškami vlády České republiky a taky musí podléhat českým a evropským normám. Některé zde zkráceně cituji.

„Zákony, normy, nařízení vlády, vyhlášky:

- *Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky,*
- *Zákon č. 309/2006 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci,*
- *§ 2 zákona č. 309/2006 Sb. – Požadavky na pracovišti a pracovní prostředí,*
- *§ 4 zákona č. 309/2006 Sb. – Požadavky na výrobní a pracovní prostředky a zařízení,*
- *§ 5 zákona č. 309/2006 Sb. – Požadavky na organizaci práce a pracovní postupy,*
- *§ 6 zákona č. 309/2006 Sb. - Bezpečnostní značky, značení a signály,*

- § 9 zákona č. 309/2006 Sb. – Odborná způsobilost,
- § 11 zákona č. 309/2006 Sb. – Zvláštní odborná způsobilost,
- ČSN 33 0400 Elektrotechnické předpisy. Koordinace izolace v elektrických sítích se jmenovitým napětím nad 1kV,
- ČSN 33 1500 Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení,
- ČSN 33 2000-3 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 3: Stanovení základních charakteristik,
- ČSN 33 2000-6-61, ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize,
- ČSN 33 2200-1 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení pracovních strojů,
- ČSN EN60204-1 ed. 2 Bezpečnosti strojních zařízení. Elektrická zařízení strojů,
- Nařízení vlády č. 170/1997 - stanovuje technické požadavky na strojní zařízení,
- Nařízení vlády č. 178/2001 - stanovuje podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci (pracovní prostředí),
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací,
- Nařízení vlády č.291/2000 Sb. stanovuje grafickou podobu označení CE 12,
- Nařízení vlády č.378/2001 - stanovuje bližší požadavky na bezpečný provoz používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí,
- Vyhláška č. 50/1978 Sb. § 9 o odborné způsobilosti v elektrotechnice,
- Směrnice 2006/42/ES pro strojní zařízení,
- Směrnice 73/23/EHS - nízké napětí a 89/336/EHS - elektromagnetická kompatibilita“ [9].

3 POSTUPY PŘÍ PROVÁDĚNÍ REVIZÍ

Pro úplnost prováděné revize nelze opomenout žádnou z jejích částí, jako je prohlídka, zkoušení a měření.

3.1 Prohlídka

Prohlídka elektrického zařízení se provádí před zkoušením, a to obvykle bez napětí, což se musí ověřit. Prohlídka poskytne prvotní dílčí informace o tom, zda zařízení vyhovuje bezpečnostním požadavkům příslušných norem. Elektrické přístroje musí být řádně instalovány a používány v souladu s návodem od výrobců. Dále zařízení nesmí být viditelně poškozeno, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti. Prohlídka, pokud je to možné, by měla zahrnovat ověření: [12]

- kontroly stavu šroubových spojů připojovacích svorek včetně dotažení,
- kontroly všech částí z hlediska poškození,
- kontroly izolace vnitřních elektrických rozvodů spotřebičů,
- kontroly, zda lze rotor snadno pootočit,
- kontroly ložisek a maziva,
- kontroly průchodnosti větracích otvorů,
- kontroly ovládacích prvků a spínačů,
- kontroly přívodů.

3.2 Zkoušení

Zkoušením se potvrzuje, že použitá zařízení a opatření k zajištění bezpečnosti správně plní svou funkci. Během zkoušení musí být učiněna taková bezpečnostní opatření, aby při zkoušení nedošlo k ohrožení osob, majetku a instalovaných předmětů.

Zkoušení chodu zahrnuje:

- kontroly funkce ovládacích prvků spotřebiče,
- kontroly chodu motoru,
- kontroly chodu a hlučnosti. [8]

3.3 Měření

Měřením se stanoví velikosti parametrů revidovaných zařízení. Používají se převážně nedestruktivní metody. Při revizi se měří tyto veličiny: [2, 3]

- a) odpory jednotlivých vinutí,
- b) izolační odpory,
- c) přechodové odpory,
- d) provozní napětí,
- e) provozní proudy,
- f) výstupní otáčky ze šnekové převodovky,
- g) celková úroveň vibrací.

3.3.1 Měření izolačních odporů

Měřením izolačních odporů nepřímo zjistíme, zda zařízení bezpečně snese provozní napětí. Velikost izolačního odporu ovlivňují různé okolnosti:

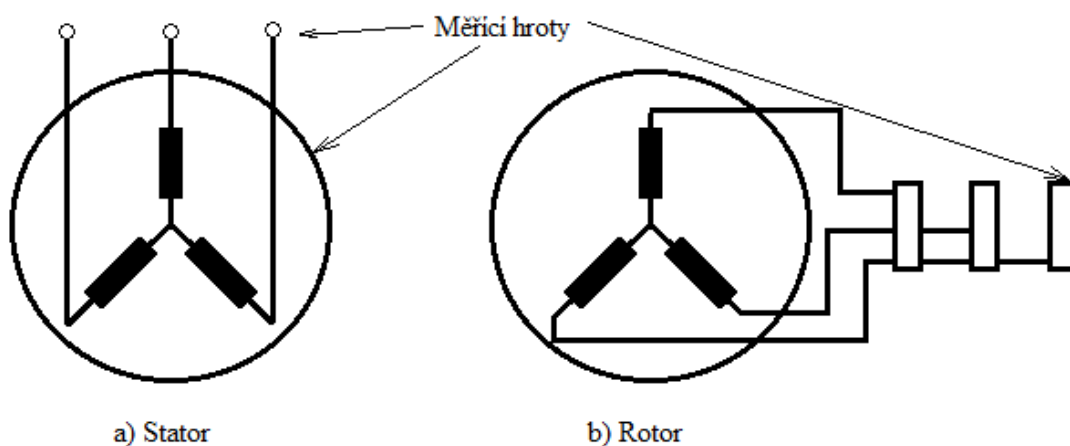
- obsah vlhkosti, jestliže v izolaci klesá, izolační odpor se zvětšuje,
- s rostoucí teplotou klesá izolační odpor,
- prostředí, ve kterém stroje pracuje nebo je uskladněn,
- měřící napětí, vyšším měřícím napětím změříme nižší hodnoty izolačního odporu.

Měření izolačního odporu je důležitá zkouška, která je zařazena nejen do typové zkoušky, ale i do kontrolní zkoušky. Minimální odpory elektrických zařízení najdeme v ČSN 34 1010. Podrobnosti pro jednotlivé druhy elektrických strojů a zařízení udávají normy, pro točivé stroje ČSN 35 000. [2, 3]

Při měření izolačního odporu elektrických strojů se izolační odpor statoru měří při odpojení motoru od sítě. U motoru zapojeném do hvězdy se měřící hroty spojí s kostrou statoru a na jeden konec vynutí. Pro motor zapojený do trojúhelníka nebo přepínač hvězda-trojúhelník, se měří každá fáze samostatně. Kroužkový motor je většinou zapojený do hvězdy, zde se měří ještě izolační odpor rotoru, proto se měřící hroty přiloží na sběrací kroužek a kostru motoru. Ukázka na obrázku 3.1. Izolační odpor musí vyhovět vztahu [1, 3]

$$R_i \geq \frac{U}{\frac{P}{100} + 1000}, \quad (3.1)$$

kde R_i je izolační odpor (kΩ), U jmenovité napětí (V), P jmenovitý výkon (kW).



Obrázek 3.1 Měření izolačního odporu asynchronního motoru [3]

3.3.2 Měření vibrací

Měření vibrací pro monitorování stavu může být prováděno několika způsoby, od velmi jednoduchého až po velmi složité a může zahrnovat kontinuální, nebo periodická měření. Avšak všechna tato měření mají společný cíl, přesně a spolehlivě ohodnotit stav strojů. Měřicí vybavení a postupy, které jsou doporučeny v ISO 13373, napomohou při dosažení tohoto cíle. Obvyklé metody měření jsou, při použití seismických a bezdotykových snímačů vibrací. [2,3]

4 PÁSOVÝ DOPRAVNÍK

Je zařízení pro přepravu různého materiálu na dopravním pásu. Nejčastěji se přepravují kusové, nebo sypké materiály například hlína, uhlí, elektronika, balíky, atd. K výhodám patří cena, ekonomický provoz, vysoký dopravní výkon, rychlá montáž, nenáročná údržba, tichý chod, originální provedení pro požadavky různých zákazníků. [24]

4.1 Rozdělení

Podle odborné literatury se dopravní pásy rozdělují:

a) podle pásu:

- gumový,
- PVC,
- ocelový,
- ocelovogumový,
- drátěný;

b) podle konstrukce:

- stabilní,
- pojízdná,
- přestavitelná;

c) podle sklonu:

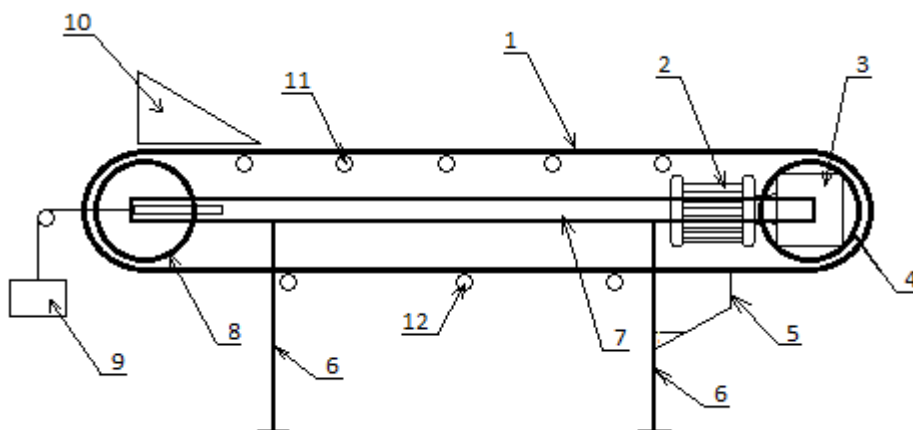
- vodorovný,
- šikmý,
- lomený;

d) podle počtu hnacích bubnů:

- jednobubnový,
- vícebubnový.[24]

4.2 Konstrukce pásového dopravníku

Základní konstrukce a prvky jsou znázorněny na obrázku 4.1.



Obrázek 4.1 Konstrukční provedení pásového dopravníku [24]

Legenda: 1 – dopravní pás, 2 – pohon dopravníku, 3 – převodovka, 4 – poháněcí válec, 5 – čistič pásu, 6 – stojina, 7 – rám dopravníku, 8 – vratný napínací válec, 9 – napínací zařízení se závažím, 10 – násypka, 11 – nosné válečkové stolice a válečky, 12 – vratné válečkové stolice a válečky

4.2.1 Pohon pásového dopravníku

Pohon zajišťuje pohyb dopravního pásu. Většinou se používá elektrický motor, například třífázový asynchronní motor se šnekovou převodovkou. Změnu otáček zajišťuje měnič kmitočtu. Používají se i jiné pohony třeba spalovací motor, hydraulický pohon, pneumatický pohon. V této práci se budu zabývat jenom elektrickým pohonem. [24]

4.2.2 Dopravní pás

Důležitou částí je dopravní pás, který je tažnou a zároveň nosnou částí dopravníku. K důležitým vlastnostem pásu patří například vysoká životnost a pevnost, odolnost proti otěru a namáhání, malá hmotnost. [24]

4.2.3 Hnací válec

Hnací válec má za úlohu přenášet obvodové síly z válce na dopravní pás. Hnací válce jsou svařované konstrukce a plášť je ze svinutého ocelového plechu. Pro lepší tření se někdy povrch válce upraví třeba pogumováním nebo ošetří lakováním. Hnací válec bývá spojen s motorem přímo, nebo přes převodovku. [24]

4.2.4 Napínací válec

Napínacím válcem změním polohu válce, čímž dojde k napnutí pásu. Napínání se musí provádět rovnoměrně, jinak dochází ke sbíhání pásu. Špatně napnutý pás by plně nepřenesl tažnou sílu, protože by se zhoršilo tření mezi pásem a bubnem.

4.3 Pohony pásového dopravníku

Pohon zajistí pohyb pásu. Musí být dimenzován tak, aby krátkodobě pracoval i při vyšším zatížení, než pro které byl navržen a to bez poškození. Předimenzování má negativní vliv na cenu.

Nejpoužívanějším pohonem pásového dopravníku je trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko, které se používají pro výkon pod 100kW. Pro výkon nad 100kW se trojfázové asynchronní motory s kotvou kroužkovou. V prostředí, kde není dostupný elektrický proud, se používá spalovací motor. V prostředí, kde hrozí výbuch, se používají rotační pneumatické motory a rotační hydromotory. [24]

4.3.1 Elektromotory

Nejpoužívanější pohony pásových tvoří pohony elektromotorem, protože mají vysokou účinnost a spolehlivost. Výhodou elektromotoru je nízká cena, regulace a velký rozsah otáček, tichý chod, krátkodobé přetížení a nevytváří škodlivé zplodiny. Nevýhodou je, že jsou pro svou práci závislé na přívodu elektrické energie.

Rozdělení:

1. asynchronní motor s kotvou nakrátko,
2. asynchronní motor s kotvou kroužkovou,
3. synchronní motor,
4. stejnosměrný motor.

4.4 Řízení

Při startu asynchronního motoru vzniká velký proudový náraz, který může být až 6 až 8krát větší než jmenovitý proud. Tento proudový náraz zatěžuje vinutí statoru, přívodní kabely a v neposlední řadě i napájecí síť. Motory s malým výkonem do 5,5kW se mohou spouštět přímo, protože jejich proudový náraz při startu je malý. U motorů s výkonem nad 5,5kW lze zmírnit, nebo odstranit proudový náraz následujícím opatřením:

- frekvenčním měničem,
- rozběhovým autotransformátorem,
- přepínačem hvězda-trojúhelník,
- statorovým spouštěčem,
- rotorovým spouštěčem,
- rozběhovou spojkou. [24]

5 TYPICKÉ ZÁVADY

Na elektrické zařízení působí různé vlivy, které mohou schopné vyvolat problémy při provozu stroje. Nejčastěji se problémy rozlišují na závady, poruchy a havárie.

- a) *Závada* je stav, který znehodnocuje práci stroje nebo zařízení zhoršením jeho účinnosti a omezením jeho výkonnosti. Provoz se závadou je možný, ale vyžaduje to zvýšenou pozornost obsluhy a větší spotřebu energie.
- b) *Porucha* je schopna vyřadit stroj z provozu s poškozením nebo bez.
- c) *Havárie* vznikne v tom případě, pokud hovoříme o poruše s poškozením, když stroj není schopný dalšího provozu. Stroj se musí odstavit do odstranění poškozené části.

5.1 Poruchy elektrického motoru

5.1.1 Poruchy vinutí

Porucha se projevuje v místech spojů, průrazem drážkové izolace nebo u hran svazků plechů. Často vznikají mechanickým poškozením při vibraci stroje nebo při proudových nárazech při spouštění. Velký vliv na průraz má vodivý prach, který se do motoru dostává.[9]

5.1.2 Poruchy zaviněné nesprávným mazáním ložisek

Údržba ložisek je důležitá, má se provádět pravidelně. Je potřeba, aby se ložiska promazala mazivem, které doporučuje výrobce. V horkých provozech může nevhodně zvolené mazivo způsobit havárii ložiska, protože mazivo neodolá zvýšené teplotě, vyteče a ložisko se provozuje „na sucho“. Nadměrným promazáním může dojít k havárii stroje.[9]

5.1.3 Poruchy zaviněné vibracemi stroje

Vibrace působí nepříznivě na provoz strojů i na lidské zdraví, často signalizují závadu některé části ve stroji. Vibrace se nepříznivě projeví, nejen na vinutí, ale i ložisku. Vzniknout mohou špatným vyvážením rotoru, nebo mimo motor, například vadným ložiskem, spojkou a zpětnými rázy stroje.

5.2 Poruchy válce

Na obrázku 5.1 je znázorněna původní a poškozená část válce s nevyhovujícím uchycením ložiska, jehož příčinou jsou vibrace. Vibrace může způsobit nevyváženost rotoru, způsobená např. nehomogenitou materiálu. Vznikají

zde odstředivé síly, které nutí válec následovat směr, kterým se v daném okamžiku pohybuje těžší část rotoru vzhledem ke vzdálenosti od osy rotace. Tyto vibrace se přenáší na celou konstrukci. Vzniklé vibrace mohou zapříčinit další poruchy, jejichž počet se zvyšuje, například uvolněním různých spojů, snížením rychlosti, účinností dopravníku, zvýšením spotřeby, atd. Včasným zjištěním se předejde poškození dopravníku a následnou havárii výroby. [21]



Obrázek 5.1 Vydřený uchycení válce od ložisek a) extrémní případ, b) porovnání vydřeného (vlevo) a původního válce (vpravo) [20]

K vytváření vibrací může dojít v případě, pokud stroj není pevně připevněn na pevné základy. Přesto, že stroj je pevně připevněný, časem se uvolňuje, vzniká vůle mezi strojem a uchycením, vlivem vibrací přicházejících z jiného zdroje. Zvětšování vůle mezi strojem a uchycením může v extrémním případě způsobit uvolnění stroje a havárii celého zařízení. Na obrázku 5.2 je znázorněn upadnutý válec s vyteklým mazivem z ložiska. [21]

Ohnutá hřídel může být dalším případem mechanickým zdrojem vibrací. Válec, hřídel se ohne nárazem, nebo vlivem vysokých teplot.

Na válci vzniká a hromadí se elektrostatický náboj. Nejčastěji se tento náboj odvede přes ložiska do kostry, ale v daném případě se nevratně ničí ložiska a snižuje se jejich životnost. Větší teplota na ložisku způsobí, že mazivo vyteče a ložisko běží na sucho. Ložisko se může zadřít nebo vlivem velké teploty zdegenerovat mazivo, které se připeče a následně zadře. Takto poničené a ještě nezadřené ložisko se může otáčet, ale je zdrojem vibrací, které znovu způsobí vydření válce. V dalších kapitolách jsou uvedeny ložiskové proudy a elektrostatický náboj na válci. [20]

Dalším zdrojem vibrací jsou samotná ložiska, jenž vytvářejí vibrace vlivem vůlí, maziva, zatížení. Některé závady jsou popsány v kapitolách níže.



Obrázek 5.2 Upadlý hnací válec s vyteklým ložiskem

5.3 Porucha hřídele

Usazeniny zdegenerovaného maziva na hřídeli, připálené mazivo, vlivem elektrostatického náboje, tvoří nerovné a tvrdé hrudky. Potom je hřídel nevyvážená a to způsobuje vznik vibrací, které se šíří do soustrojí a způsobují další následné závady.



Obrázek 5.3 a) poškozená hřídel, b) detail hřídele s degenerovaným mazivem [20]

5.4 Poruchy ložisek

Mezi nejdůležitější součásti vždy patří ložiska, které jsou značně namáhány. Hlavní příčinou poruchy může být:

- nevhodné konstrukční řešení,
- výrobní vady,
- montážní vady,
- mimořádné provozní podmínky,
- znečištění,
- průchod elektrického proudu přes ložisko.

5.4.1 Mazání

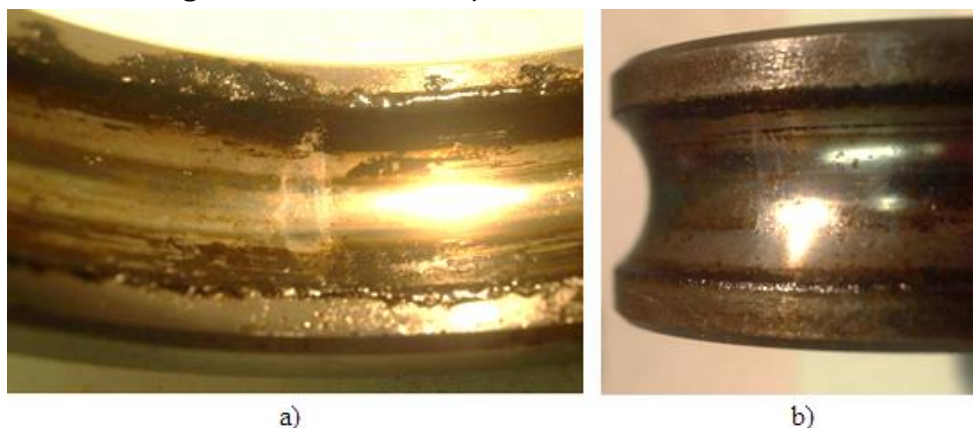
Mazivo slouží ke snížení tření a opotřebení ložiska. Mezi kroužky a valivými elementy dochází k valení a k prokluzu, velikost závisí na druhu maziva, ložiska a jeho zatížení.

Hlavní funkce maziva:

- Snížení tření a opotřebení,
- odvod tepla,
- zabránění vnikání cizích částic,
- ochrana povrchu ložiska proti korozi,
- prodloužení únavové životnosti.

Pro mazání ložisek se používá plastické mazivo lithného typu s minerálním olejem pro provozní teploty od -30°C do $+110^{\circ}\text{C}$. Doba opotřebení plastického maziva je závislá na druhu ložiska, na jakosti maziva a na provozních podmínkách (zatížení, prostředí, teplota, vlhkost). Domazávání je umožněno mazacími lisy přes mazací hlavice. Při domazávání je třeba otáčet rotorem, aby se rovnoměrně rozdělilo v ložisku. Opotřebené mazivo se shromažďuje v komoře vnějšího ložiskového víka a je třeba jej při opravě nebo revizi odstranit. [12]

Degradované mazivo způsobuje ztížení pohybu kuliček v kleci, zvýšení teploty ložiska a vede až k jeho zablokování. To způsobuje polymerizace degradovaného maziva. Ukázka degradovaného maziva je znázorněna na obrázku 5.4.



Obrázek 5.4 Oběžná dráha s degradovaným mazivem a) vnější kroužek, b) vnitřní kroužek [20]

5.4.2 Neodborně provedená montáž

Při špatné montáži se promáčkl boční kryt ložiska. Nadměrné tření způsobilo vysokou hladinu zvuku, a hlavně zahřívání vedlo k degradaci maziva v ložisku a neplynulým točením. Dále se do ložiska dostanou nečistoty. Nečistoty v kluzných plochách zvětšují drsnost ploch a ložiskovou vůli, bývají příčinou zadření ložiska.

Poruchám zaviněných provozními vadami je možno zabránit odbornou montáží ložiska. Ukázka promáčklého krytu ložiska je znázorněna na obrázku 5.5.



Obrázek 5.5 Promáčklý kryt ložiska [20]

5.5 Průchod elektrického proudu

Průchod elektrického proudu ložiskem způsobuje mnoho poruchu ložisek a havárii stroje. Velikost procházejícího proudu má vliv na degradační působení jednotlivých prvků (mazivo, kroužky, klec). Proto je nutné aplikovat opatření v konstrukci, které by zabránilo nebo omezilo degradaci. Opatření mohou být uskutečněná přímo na stroji v jeho konstrukci, nebo volbou vhodných uzlů a materiálů. Na obrázku 5.6 je znázorněno poškození ložiska v důsledku soufázových proudů a elektrického výboje. [19]



Obrázek 5.6 Drážkování ložiska způsobené nadměrným ložiskovým proudem [20]

6 LOŽISKOVÉ PROUDY

Ložiskové proudy protékají hřídelí rotoru v případě, pokud se vytvoří napětí na ložisku, které narušilo izolační schopnost maziva. Ložiskové proudy mohou vznikat od napájení motoru nebo elektrostatickým nábojem vzniklém na hnacím válci.

6.1 Statická elektřina na hnacím válci

Statická elektřina se vytváří tam, kde se pracuje s dopravou materiálu na páslech. Během navíjení, pohybu mezi válci a třením v kluzných částech se nabité částice hromadí a tvoří nezanedbatelný elektrostatický náboj. Ten může vést k problémům a i k poškození základního materiálu.

6.1.1 Vznik elektrických nábojů

Statické náboje vznikají přebytkem, nebo v důsledku nedostatku elektronů. Nenabitý stav je, když kladné a záporné náboje v látce jsou v rovnováze. Na rozhraní látek při těsném dotyku dochází k vzájemnému přestupu nábojů. Vzniká dvojvrstva, u které se na jedné straně nashromáždí záporné a u povrchu druhé kladné elektrické náboje. Na povrchu obou látek při rozdělení, se objeví stejně velké náboje opačných polarit. Elektrostatické náboje vznikají při: [1, 4]

- vzájemném tření látek,
- odvalováním nebo rolováním materiálu,
- oddělováním materiálu,
- proudění kapalin,
- odstřed'ování,
- vysypávání a přesypávání materiálů,
- mechanickém namáhání, drcení, mletí, sušení,
- kompresi, expanzi, změnou skupenství.

Lidské tělo se může nabít některým z těchto způsobů:

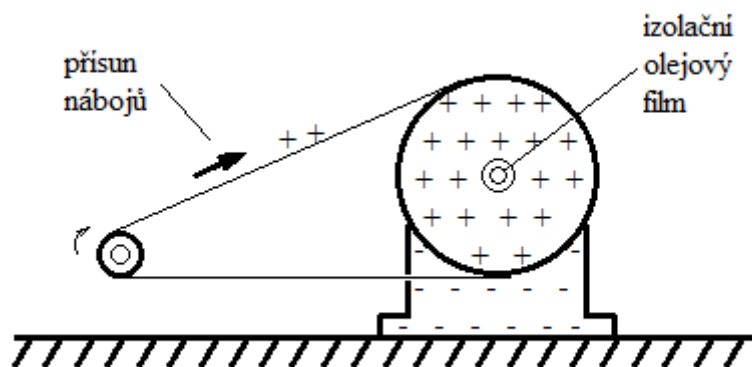
- pohybu oděvu po těle, styk s podlahovou krytinou,
- dotykem nabitého tělesa,
- indukci z nabitého tělesa,
- prací s látkami snadno elektrizovatelnými.

6.1.2 Sklon pevných látek k elektrizaci

Pevné látky se snadno elektrizují, pokud jejich povrchový odpor je $R_o \geq 10^{11}\Omega$, takže patří do elektrizovatelných látek. Antistatické látky mají povrchový odpor $R_o \leq 10^9\Omega$ u nich se nemusíme obávat nebezpečného nabití. Látky s povrchovým odporem $R_o \leq 10^6\Omega$ lze uzemněním jejich náboj zcela odstranit. Kapaliny se elektricky nabíjejí, pokud je jejich rezistivita $\rho \geq 10^8\Omega m$. Nečistoty v kapalině přispívají ke zvětšení schopnosti nabíjení. [1, 4]

6.1.3 Hromadění elektrických nábojů

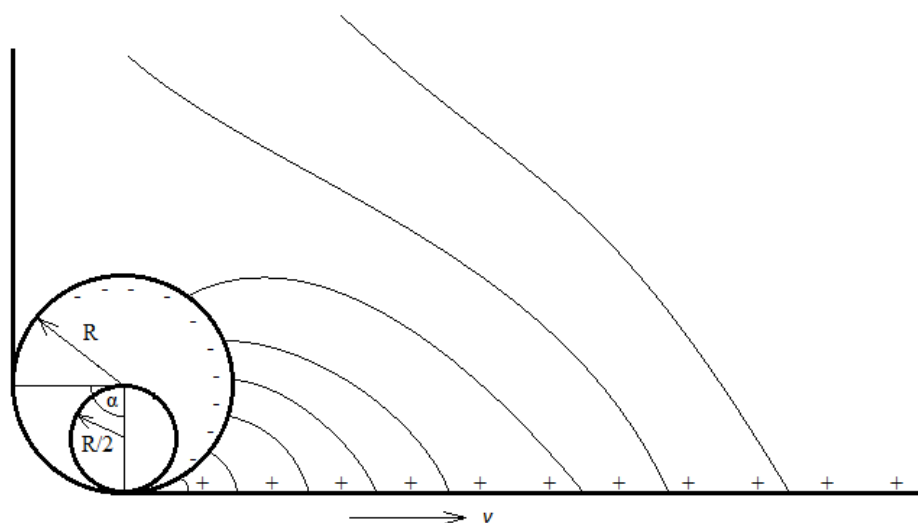
K hromadění elektrických nábojů dochází při tvorbě náboje na objektu a není-li zajištěna možnost trvalého svodu elektrických nábojů do země, viz obrázku 6.1. Nežádoucím účinkům elektrických nábojů lze zabránit. Způsoby eliminace jsou uvedeny v dalších kapitolách. [4]



Obrázek 6.1 Znázornění principu hromadění statických nábojů na strojním zařízení [1]

6.1.4 Průběh elektrostatického pole na hnacím válci

Plynulým odvíjením pásu z izolační hmoty z uzemněného kovového válce. Nenabitý pás se ovíjí okolo kovového válce o poloměru R a úhlem α . Opouští ho rychlostí v , přičemž v místě, kde pás opouští kovový válec, vzniká na páse náboj. Podstata hromadění náboje spočívá v tom, že původní rovnováha náboje se poruší a při oddělení dvou hmot může na povrchu zůstat jisté nerovnoměrné rozdělení delší dobu, v závislosti na okolních a vodivostních podmínkách. Mechanismus je znázorněno na obrázku 6.2 [20].



Obrázek 6.2 Zjednodušený fyzikální model nabíjení izolovaného pásu odvíjející se z kovového válce o poloměru R rychlostí v , se znázorněním průběhu intenzity elektrického pole

Průběh povrchové hustoty náboje na odvíjejícím se pásu popisuje diferenciální rovnice

$$\frac{\delta(b,t)}{\delta t} = -v \cdot \frac{\delta(b,t)}{\delta b} - E[b, \sigma(x, t)] \quad (6.1)$$

Kde: v je rychlost pohybu pásu,

b vzdálenost od místa oddělení,

γ povrchová vodivost pásu,

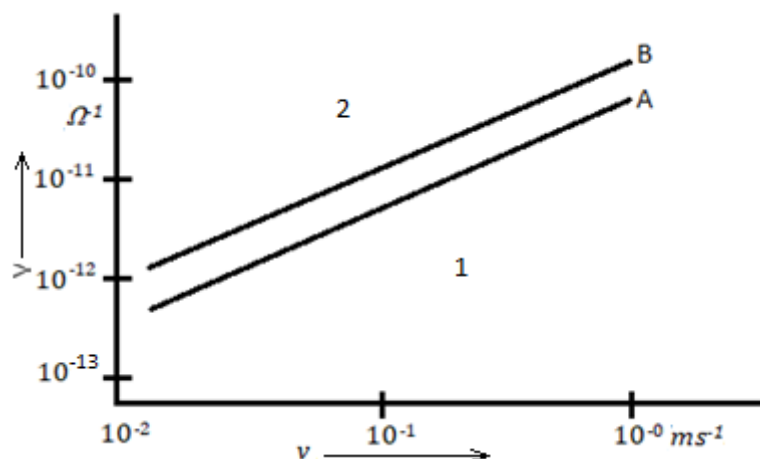
$E[b, \sigma(x, t)]$ intenzita elektrického pole v místě b , v čase t od povrchové hustoty $\sigma(x, t)$ a od vlivu kovového válce.

Tato rovnice se řeší na počítači iterační metodou a výsledky jsou dva důležité poznatky pro stavbu modelu elektrostatického nabíjení odvíjejícího se pásu:

1. Geometrie modelu nezávisle na jeho skutečných rozměrech určuje poměr L/R , obrázek 6.2.
2. Pro vývoj elektrostatického náboje je určující poměr rychlosti pásu k povrchové vodivosti v/γ .

Pokud se má náboj pohybovat spolu s pásem, musí být rychlost náboje menší, než je rychlost pásu. Jinak řečeno, rychlost pásu musí překročit určitou kritickou hodnotu, danou povrchovou vodivostí pásu.

Podle závislosti na obrázku 6.3 je znázorněn vztah mezi kritickou rychlostí a vodivostí, kde přímka A je teoreticky vypočítaná a přímka B experimentálně zjištěná. Pod přímkou se pás nabíjí a nad ní se nenabíjí.

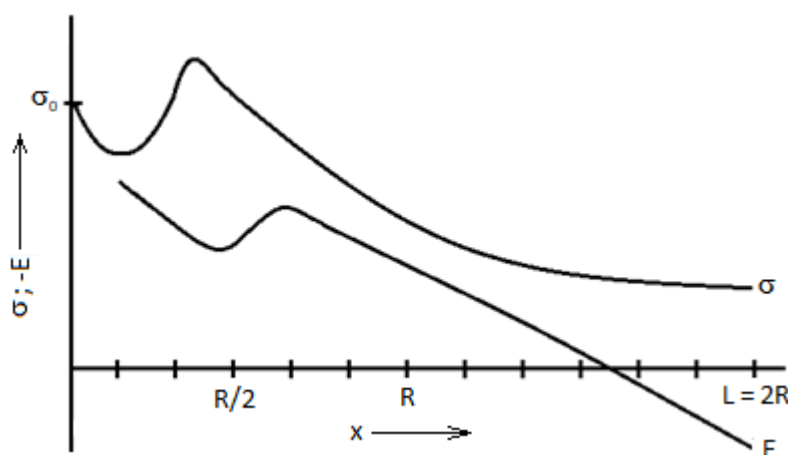


Obrázek 6.3 Teoretická (A) a experimentálně zjištěná (B) přímka rozdělující rovinu na části, v které se izolovaná fólie nenabíjí (2) a kde se nabíjí (1)

Podle Ing. Ivana Slávika, který v laboratorním prostředí, ve kterém měl k dispozici čtyři kladky, ze kterých jedna byla hnací a jedna měřicí, ostatní dvě byly pomocné. Model umožňoval měřit rychlost pásu od $0,01 \text{ ms}^{-1}$ do 10 ms^{-1} . Průměr kladky byl 50 mm a šířka fólie $0,11 \text{ m}$. Při měření použil pás z propylenu s povrchovou vodivostí $10^{-12} \Omega^{-1}$ a polyesteru s vodivostí $10^{-10} \Omega^{-1}$. Při konstantní teplotě se dala vodivost měnit relativní vlhkostí v rozsahu 22% až 60% .

Na obrázku 6.4 je průběh hustoty náboje a intenzity pole při konstantně se pohybujícím pásu. Maximum a minimum se dá vysvětlit vlivem blízkosti uzemněného kovového válce. Maximum intenzity pole E ve vzdálenosti $R/2$ je způsobené zrcadlením náboje na válci [20].

Při nabití pásu a jeho následovnou eliminací eliminátorem se už nevyskytly výboje mezi válcem a pásem. Po odstranění eliminátoru a při vícenásobném nabití pásu vznikají výboje již při rychlosti 2 ms^{-1} a vodivosti $10^{-14} \Omega^{-1}$.



Obrázek 6.4 Závislost hustoty náboje a intenzity elektrického pole na vzdálenost od místa oddělování pásu od válce [20]

6.1.5 Elektrické výboje

Elektrický výboj představuje průchod elektrického proudu plynným prostředím. Plyny jsou za normálního tlaku a teploty složeny z neutrálních molekul a prakticky nevedou elektrický proud. Vnější činitelem může dojít k ionizaci plynu, což vede k nesamostatnému výboji. Ionizační činitelem může být rentgenový paprsek, pokud nepůsobí, potom výboj ustane. Elektrický výboj může vzniknout bez ionizačního činitele. Potom se jedná o výboj samostatný stabilní, či nestabilní. Následně jsou uvedeny některé výboje [20].

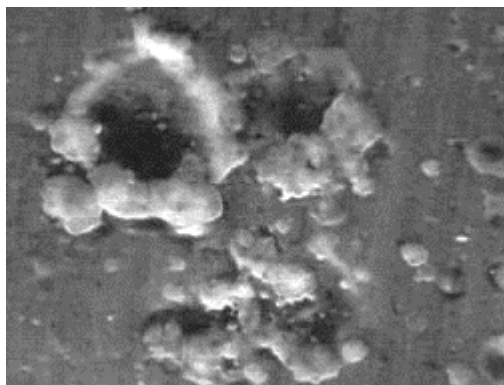
- a) **Jiskrový výboj** se vyznačuje intenzivním světelným projevem, který krátkodobě vyplní prostor mezi oběma elektrodami.
- b) **Trsový výboj** je méně častý, vzniká při vybíjení nabitých ploch z elektrizovatelné látky proti vodivým elektrodám.
- c) **Plazivý výboj** vzniká pouze výjimečně, při kterém se vytvoří výboj podél povrchu nabitého objektu a světelně se projevuje v celé délce vybíjecích kanálů.
- d) **Doutnavý výboj** se vyskytne v plynném prostředí s velkým napětím při malém proudu.

6.1.6 Průraz izolace

Průraz nastane při překročení elektrické pevnosti izolace. Následně se vytvoří vodivá cesta, takže izolant ztrácí svou izolační schopnost. Časem u izolantů ubývá elektrická pevnost. [20]

Při vyšších napětích dochází k čistě elektrickému průrazu, který může nastat v okamžiku připojení napětí. Při nižších napětích se uplatňuje tepelný průraz. V průběhu elektrického namáhání se izolanty zahřívají vlivem dielektrických ztrát. Izolační materiály mají špatnou tepelnou vodivost, tepelná rovnováha nemusí nastat. Teplota potom neustále roste. To způsobí, že izolanty se začnou měnit a dojde k průrazu. Podle velikosti napětí k tomu může stačit pár sekund nebo se tepelný průraz může vyvíjet i několik hodin. Pokud k průrazu dojde v delší době, zapříčiní to tzv. částečné výboje nebo stárnutí izolantu v důsledku tepelných, mechanických nebo chemických vlivů. [20]

Průrazné napětí pro olejový film je většinou 0,5 nebo 2-3V, případně až 20-30V. Závisí na typu ložiska a oleje. V případě, že ložiskem prochází elektrický proud, dochází k výbojům mezi vnitřní a vnější ložiskovou dráhou a pouzdrem ložiska. Teplo zapříčiní vytvoření malých kráterů v ložiskové dráze, které jsou znázorněny na obrázku 6.5. Velikost kráterů bývá v rozmezí 5-8 μm .

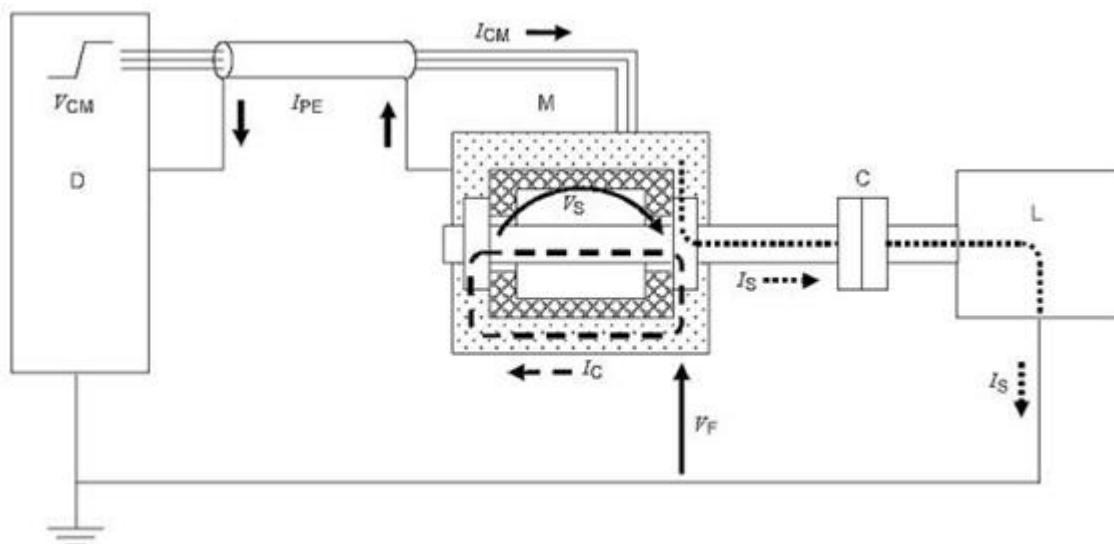


Obrázek 6.5 Zvětšené krátery v ložiskové dráze [20]

Povrch kráteru ztvrdne, má sklovitě tvrdý materiál. Mazivo ovlivněné výboji se mění na tmavé a tvrdé, toto mazivo ztrácí mazací vlastnosti. Při otáčení ložiskem vznikají mechanické vibrace, vzorek a zmatnění kuliček. [20]

6.2 Pohony s frekvenčním měničem

Faktory určující vznik ložiskových proudů závisí na velikosti motoru, způsobu uzemnění kostry motoru a hřídele, elektrické instalace (vhodný typ kabelu, správné připojení ochranných vodičů a elektrického stínění), jmenovitém vstupním napětí měniče a rychlosti nárůstu výstupního napětí měniče. Existují hlavní tři typy ložiskových proudů: vyrovnávací proud (cirkulující), proudy zemněnou hřídelí a kapacitní vybíjecí proudy. Na obrázku 6.6 jsou znázorněny dva typy ložiskových proudů, vyrovnávací proud (I_C) a proud zemněnou hřídelí (I_S), ovlivněny jsou impedancí a provedením uzemnění. [23]



Obrázek 6.6 Možné ložiskové proudy [23]

Legenda: D – měnič, M – motor, C – hřídelová spojka, L – poháněná zátěž, V_{CM} – souhlasné napětí, I_{CM} – soufázový proud, V_S – hřídelové napětí, I_C – vyrovnávací proud, I_{PE} – zpětný proud, V_F – napětí na kostře, I_S – hřídelový proud.

6.2.1 Vyrovnávací proud

U velkých motorů se vysokofrekvenční napětí indukuje v uzavřené smyčce (kostra statoru, hřídel, ložiska motoru) tokem, cirkulujícím kolem statorového jha. Tento tok je způsoben kapacitními proudy unikajícími z vinutí do statorových plechů. Je-li indukované hřídelové napětí dost vysoké, aby překonalo izolaci maziva v ložiscích, protéká ve smyčce kompenzační proud vyrovnávající tok ve statoru. [23]

6.2.2 Proud uzemnění hřídele

Do kostry statoru uniká proud, který vznikne napětím mezi vinutím motoru a jeho kostrou. Nejlepší by bylo ho poslat zpátky po napájecím kabelu. Bohužel kabely mají impedanci a může se stát, že stínění mezi motorem a frekvenčním měničem nebude mít nejnižší impedanci. Proud má přes 1 MHz, takže impedance zanedbatelná při 50 Hz může vykazovat velký odpor pro vysokofrekvenční proud. Pokud je hřídel motoru uzemněna přes poháněný stroj, může mít nižší impedanci než zemnicí vodič v napájecím kabelu. [23]

6.2.3 Proud kapacitního výboje

Vyskytuje se u malých motorů o výkonu 30 kW a nižších. Pokud kostra motoru je spojena se zemí a hřídel není uzemněna přes poháněný stroj, může dojít k vytvoření vysokofrekvenčních impulzů ložiskového proudu. Tak, že vnitřní dělení napětí na vnitřních kapacitách motoru vyvolá silná ložisková napětí. [23]

6.3 Zabránění poškození ložiskovým proudem

6.3.1 Základní metody

Jsou tři základní metody k zabránění ložiskovým proudům:

- správný systém kabeláže a uzemnění,
- úprava smyček ložiskového proudu,
- tlumení vysokofrekvenčního souhlasného napětí.

Metody se orientují snížením napětí na mazivu ložiska, aby nevznikly impulzy vysokofrekvenčního ložiskového proudu. Popřípadě se tlumily impulzy na takovou úroveň, aby nezpůsobily snížení životnosti ložisek. Základem je správná uzemňovací soustava [23].

6.3.2 Eliminace statického náboje

Vhodným uzemněním – Důležité je dobré uzemnění těch částí, které se nabíjejí. Dostatečnou mechanickou pevnost uzemnění (minimálně 6 mm²) a zajištění dokonalých spojů jednotlivých částí uzemňovacího svodu. Zemnění pomocí

ložisek lze připustit, ale doporučuje se použít vodivé mazadla a kontrolovat průchozí odpor. [1, 4]

Zmenšení nabíjení látek – Může být dosaženo přidáním speciálním přídavkem do celého objemu látky, nebo povrchovou úpravou hotového výrobku.

Zvýšení relativní vlhkosti vzduchu – Rozprašováním vody v blízkosti látky se na látce vytvoří tenká vrstva, které se zvětší vodivost, aniž by se zvětšila vodivost okolního vzduchu. [4]

Neutralizace elektrických nábojů – Vysokonapěťový zdroj vytváří elektrické pole, které způsobí, že vzduchové molekuly v okolí tyče se rozloží na kladné a záporné ionty. Opačné náboje se přitahují, proto každý nabitý materiál (kladně i záporně) procházející podél tyče, bude přitahovat ionty. Tím dojde k odstranění elektrického náboje z povrchu materiálu jeho neutralizací. Příkladem neutralizátoru je antistatická tyč MEB od firmy Lontech, zobrazená na obrázku 6.7. [8]



Obrázek 6.7 Vysokonapěťový zdroj s antistatickou tyčí [16]

6.3.3 Preventivní opatření

- Použití kartáčového kontaktu mezi hřídelí a kostrou motoru.
- Použití kartáčového kontaktu mezi hnacím válcem a kostrou.
- Použití izolovaného ložiska.
- Použití filtru, který omezuje souhlasná napětí.
- Použití nevodivých spojek pro zátěže nebo jiná zařízení, která mohou být poškozena ložiskovými proudy.
- Použití motoru a měniče s nižším napětím.

Ve své práci se budu zabývat eliminací statického náboje na hnacím válci pomocí kluzného kontaktu a kartáčů, které jsou popsány v následující kapitole.

7 KLUZNÝ KONTAKT

Kluzný kontakt je důležitý u elektrických strojů. Skládá se z kartáče, držáku kartáče, přítlačného zařízení, komutátoru, nebo kroužku, nebo hřídel stroje.

7.1 Kartáče

Prvotní kartáč byl jenom svazek drátů nebo měděná síťka stočená do svitku. Tento typ byl nahrazen uhlíkovým kartáčem, nebo kovografitovým kartáčem, skládajícím se ze směsi mědi a grafitu. Následně je nahrazen kartáči grafitovými a elektrografitovými. Uhlík jako prvek má velmi příznivé vlastnosti: [22]

- dobrou elektrickou vodivost,
- výborné kluzné vlastnosti,
- za normálního tlaku je netavitelný, při poměrně vysoké teplotě 3700°C přechází z pevného stavu do plynného,
- má malou teplotní roztažnost,
- při vysokých teplotách kolem, 2000°C, neztrácí svou mechanickou pevnost.

7.1.1 Základní druhy kartáčů

Existuje šest základních skupin kartáčových materiálů, které jsou níže popsány.

1. Uhlografitové kartáče - směs amorfního uhlíku a grafitu. Použití těchto kartáčů je většinou uplatněno u málo zatížených strojů a malé obvodové rychlosti komutace, například automobilové dynamo a univerzální motorky.
2. Kartáče z přírodního grafitu - čistý přírodní grafit a pojivo. Tyto kartáče naleznou uplatnění u strojů s menším výkonem a větší rychlostí obvodové komutace, například pro svařovací agregáty a pro ocelové kroužky turboalternátorů.
3. Elektrografitové kartáče - amorfni uhlík ze stejných surovin jako uhlografit vypalovaný při 2500°C. Tento druh kartáče je největší a neužívanější skupina, používaná u všech stejnosměrných i střídavých komutátorových strojů. Vhodné jsou rovněž pro střídavé stroje s kroužky, ale jenom při nižších proudových zatíženích.
4. Kovografitové kartáče - směs kovů a grafitu. Kartáče se používají u střídavých strojů s kroužky, u galvanizačních dynam a automobilových dynam.
5. Speciální materiály - bakelitový uhlografit, grafit impregnovaný kovem. Speciální druh kartáčů je většinou používán u motorků a generátorů v letadlech.

6. Inovované kartáče - Vyrábějí se z původních materiálů s využitím nejmodernějších technologií a jsou vybaveny teflonovou destičkou na náběhové, či odběhové straně. Kartáče se využívají u motorů vlaků, ruční náradí, atd. [22]

7.1.2 Inovované provedení kartáčů

Ve své práci se zaměřím na inovovaný kartáč, který má, jak je uvedeno, podstatné výhody převyšující starší druhy kartáčů. Inovace kartáčů se provádí ve dvou směrech:

1. Modifikace struktury kartáče – výrobci kartáčů modifikují struktury výchozího materiálu a tyto informace neuvádějí.
2. Změna konstrukčního provedení kartáčů.

Aplikace tzv. „drobení“ základního materiálu na stěny kartáčů zlepšuje komutační schopnosti. Další inovace kartáčů, označená „sT“, je aplikace teflonové destičky na náběhovou stěnu u synchronních a asynchronních strojů s kroužky, na odběhovou stěnu u stejnosměrných a komutátorových strojů. Teflon jde aplikovat na jakýkoli druh kartáče. Inovované kartáče v provedení „sT“ přinesly spoustu zlepšení, dále jsou uvedeny jen vybrané příklady. [22]

- Snižují pravděpodobnost vzniku oblouku.
- Delší životnost kartáčů. Na začátku je nový kartáč s teflonem opotřebovaný více, ale jak se „zaběhá“ opotřebení je nižší než u klasických kartáčů.
- Styk kartáče s komutátorem není tolik narušován uvolněným uhlíkovým prachem.
- Teflon je vodoodpudivý, nedochází k elektrolýze vlivem vrstvy vody mezi kartáčem a komutátorem. Jinak elektrolýza narušuje povrch kartáče a komutátoru.
- Teflon zabraňuje vzniku oxidace uhlíku a tím se sníží velikost opotřebení.
- Může dosáhnout vyšší provozní teploty, při které je součinitel tření nejmenší.

7.2 Sběrací ústrojí

Dobré podmínky pro činnost kluzného kontaktu jsou zajištěny tehdy, pokud je sběrací ústrojí pečlivě provedeno. Sběrací ústrojí se skládá z držáků kartáčů, roubíku pro upevnění držáků, roubíků nebo nosičů držáků, brejlí a spojovacích pásů. [22]

7.2.1 Držáky kartáčů

Základní funkce držáku kartáče je zajistit správné upevnění kartáče, vytvořit potřebnou konstantní přitlačnou sílu, tlumit vzniklé vibrace a nárazy na kartáč, zajistit volný pohyb kartáče v ose kolmé na komutátor. Existující držáky se dělí podle: [22]

- a) Uložení kartáče v držáku:
 - držák s pohyblivým kartáčem v krabičce,
 - držák s pevným kartáčem v krabičce.
- b) Provedení krabičky:
 - jednoduchá,
 - skupinová (držák s dvěma krabičkami vedle sebe),
 - tandemová (držák skupinový s dvěma krabičkami za sebou).
- c) Polohy k pracovní ploše komutátoru:
 - reakční,
 - radiální,
 - šikmý.
- d) Uspořádání krabiček:
 - jednoduchý držák,
 - dvojitý držák.
- e) Tvaru pružiny držáku:
 - držáky se svinovací pružinou,
 - držáky s drátovou válcovou pružinou,
 - držáky s plochou spirálovou pružinou.
- f) Technologie výroby držáku:
 - nýťované,
 - lité,
 - lisované z plastických hmot,
 - tažené.

Důležitou vlastností držáku je geometrie vnitřního prostoru, která byla z původního obdélníka inovovaná na segmentovanou strukturu. Toto provedení vnitřního prostoru krabičky zlepšuje chlazení, lépe odvádí prach, lépe přispívá k vedení kartáče. V technickém provedení držáků „sT“ jsou aplikovány na vnitřní stěny speciální vrstvy, z nichž poslední je teflon. Toto řešení také [22]

- snižuje tření kartáče v držáku kartáče a tím zlepšuje jeho dynamiku,
- snižuje vůle kartáče v držáku kartáčů,
- tlumí vibrace,
- zajišťuje, že kartáč může lépe sledovat aktivní povrch komutátoru.

7.3 Komutátory a kroužky

Komutátory a kroužky představují pohyblivou část kluzného kontaktu. Dobrá kvalita povrchu komutátoru a kroužku zajišťuje bez jiskrový chod stroje.

7.3.1 Komutátory

Komutátor pomáhá k přepínání směru proudu vedeného do rotorových cívek tak, aby byla napájena vždy cívka pod aktivním pólem. Skládá ze soustředně uložených a vhodně stažených lamel. Lamely jsou proti nosné konstrukce a navzájem izolovány. Konce mají vyfrézovány zářezy, do kterých se pomocí tzv. praporků připájí vývody vinutí. Podle konstrukce rozeznáváme komutátory:

a) Podle uchycení lamel komutátory dělíme na:

- zděřové,
- rybinové.

b) Podle způsobu výroby komutátory dělíme na:

- lisované,
- skládané.

Při provozu bývá komutátor značně tepelně namáhán a projevuje se to i na tvrdost lamel, která s časem klesá. V poslední době se začíná užívat slitin mědi s kadmíem, nebo chromem. Komutátory se slitinovými lamelami mají vyšší mez kluzu, které dovoluje zmenšit rozměry komutátoru. [22]

7.3.2 Sběrací kroužky

Kluzný kontakt kartáč-kroužek je jednodušší po mechanické stránce, kdy je kroužek z jednoho celku. Po elektrické stránce odpadá komutace.

Malé asynchronní motory mají kroužky zalisované v umělé pryskyřici. U větších jsou kroužky nasazeny na ocelové izolované pouzdro, odděleny vrstvami tvrzeného papíru, nebo tkaniny.

Nejčastěji se kroužky vyrábějí ze slitin mědi, například bronzu. Ocel se používá u vysokých obvodových rychlostí, například u turboalternátorů. Struktura kroužků se zjemňuje, aby bylo opotřebení kartáčů rovnoměrnější. [22]

7.4 Činnost kluzného kontaktu

Kluzný kontakt je ovlivňován různými faktory. Oteplení je způsobováno především ztrátami, například:

- **Mechanickými ztrátami** při činnosti kluzného kontaktu – působí vždy.
- **Elektrickými ztrátami, které závisí** na průchodu proudu a úbytku napětí na přechodu kluzného kontaktu.

- **Komutačními ztrátami**, kterým dochází v případě, pokud při komutaci jiskří kartáče, čím více jiskří, tím jsou větší ztráty.
- **Ventilačními ztrátami a třením.**

Jiskření se objevuje při rozběhu, protože kluzný kontakt není zahřátý. Optimální teplota kluzného kontaktu je 40 až 90°C, lépe se uvolňují uhlíkové částice z pracovní plochy kartáče. Potom tyto částice přispívají k zlepšení elektrických a mechanických vlastností kluzného kontaktu. [22]

7.5 Opotřebení a životnost kluzného kontaktu

Při opotřebovaném kartáči, špatné pružině nebo komutátoru může dojít k odskakování kartáče. Vznikne mezera a nastane jiskření, nebo oblouk, který vypaluje povrch kartáče a komutátoru/kroužku. Do těchto mezer se mohou zanášet vodivé nebo nevodivé materiály. Vodivý materiál je z kartáče a nevodivý je prach nebo jiné nečistoty z ovzduší. Tyto nečistoty vytvoří vrstvu, která brání dobré komutaci, vzroste odpor a úbytek napětí. Proto je potřebná pravidelná údržba stroje a dbát na čistotu a kvalitu odvedené práce. [22]

7.6 Kartáče na hřídeli střídavých motorů

Již víme, že asynchronní stroje s klecovým rotorem, napájené z frekvenčních měničů, trpí namáháním izolačního systému napěťovými pulsy i vzniku ložiskových proudů. Je nutné se zabývat možnostmi ochrany ložisek proti jejich poškození.

7.6.1 Izolovaná ložiska

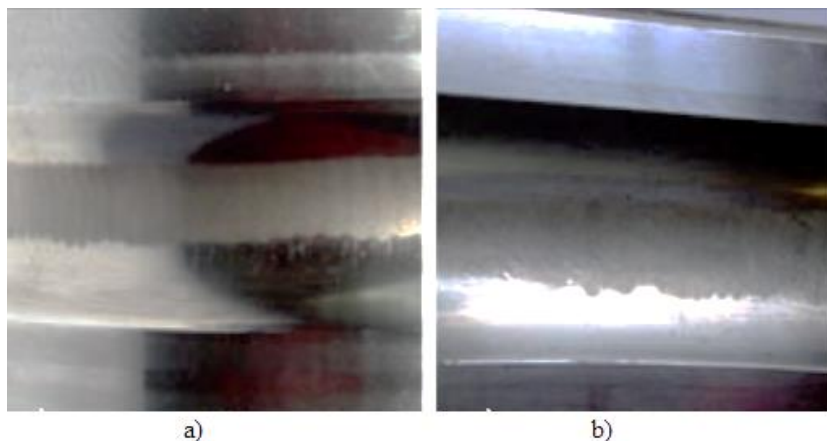
Izolované ložiska se používají u strojů se stojany. Tloušťka izolační vrstvy je řádově v milimetrech. Nevýhodou jsou rozdílné mechanické vlastnosti izolačních a konstrukčních materiálů, proto se musí izolovat všechny dotýkající se kovové součástky s motorem.

Použití keramických ložisek je nejučinnější, protože znemožňuje poškození ložisek průchodem elektrického proudu. Nevýhodou tohoto ložiska je cena, která je výrazně vyšší než u normálních ložisek.

Použití izolovaného ložiska je nejrozšířenější a cenově nejdostupnější. Na vnějším kroužku ložiska je nanášena tenká keramická vrstva. Izolace jednoho ložiska se používá k zamezení průchodu proudu vytvořeného indukovaným hřídelovým napětím. Pro zamezení průchodu kapacitních svodových proudů je zapotřebí izolovat obě ložiska a spojku motoru. Tento proud vzniká napájením z měniče frekvence.

Podle Doc. Ing. Karla Chmelíka, který postupně zkoušel ložisko normální, hybridní, a ložisko izolované na vnějším kroužku, zjistil, že po sto hodinách provozu

se u normálního a izolovaného ložiska zvýšily vibrace i hluk. Na oběžných plochách vnějších i vnitřních kroužků bylo zjištěno narušení, ale u izolovaného bylo méně výrazné poškození (obrázek 7.1 a). U hybridního ložiska nebylo zjištěno žádné poškození. Použitím izolovaného ložiska se poškození nedá zabránit, protože se chová jako kondenzátor a je poškozeno kapacitním výbojem (obrázek 7.1 b). [19]



Obrázek 7.1 Detail poškozených izolovaných ložisek a) vnitřní kroužek, b) vnější kroužek [19]

7.6.2 Uzemňovací kartáče

Často se pro ochrany ložisek používá jedno ložisko izolované a druhé je přemostěno kartáčem. Základní podmínka, která musí být splněna pro kartáč-kroužek nebo pro kartáč-komutátor. Je potřeba zajistit elektrické a mechanické spojení kartáče a hřídele, aby nebyl obvod přerušen. Další podmínka je dokonalý svod proudu při minimálním přechodovém úbytku napětí, a to při provozních i přechodných stavech (rozběh a reverzace). Přechodový odpor u kluzného styku však dosahuje při malých proudech velkých hodnot. Funkčnost uzemňovacího kartáče je omezená, pokud přechodový odpor u kluzkého styku dosahuje velkých hodnot. [19].

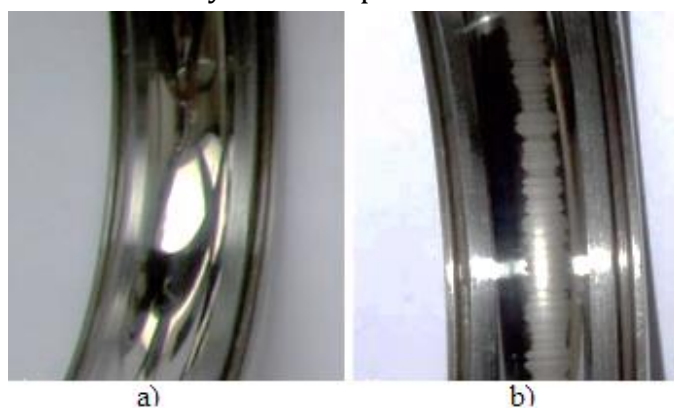
Nejčastěji se používá kartáče kovografitové nebo s mikrovláknny. Provedení obou typů kartáčů je zobrazeno na obrázku 7.2. U elektrografitových kartáčů úbytek napětí roste úměrně s proudem, kdežto u kovografitu po počátečním nárůstu se ustálí.



Obrázek 7.2 Uzemňovací kartáč a) kovografitový, b) s mikrovláknny

Klasické uzemňovací kartáče se umísťují na vnitřní straně ložiskového štítu. Výhodou je, že kluzný kontakt je chráněn proti vnějším vlivům a nečistotám. Kartáče s mikrovláknny mají výhodu snadné montáže, samočistící schopnost a hřídel není třeba upravovat. [19]

Na obrázku 7.3 je zobrazené demontované ložisko při průchodu proudu a) s použitím uzemňovacího kartáče, b) bez použití uzemňovacího kartáče. Je na první pohled vidět, že s kartáčem nebylo ložisko poškozené.



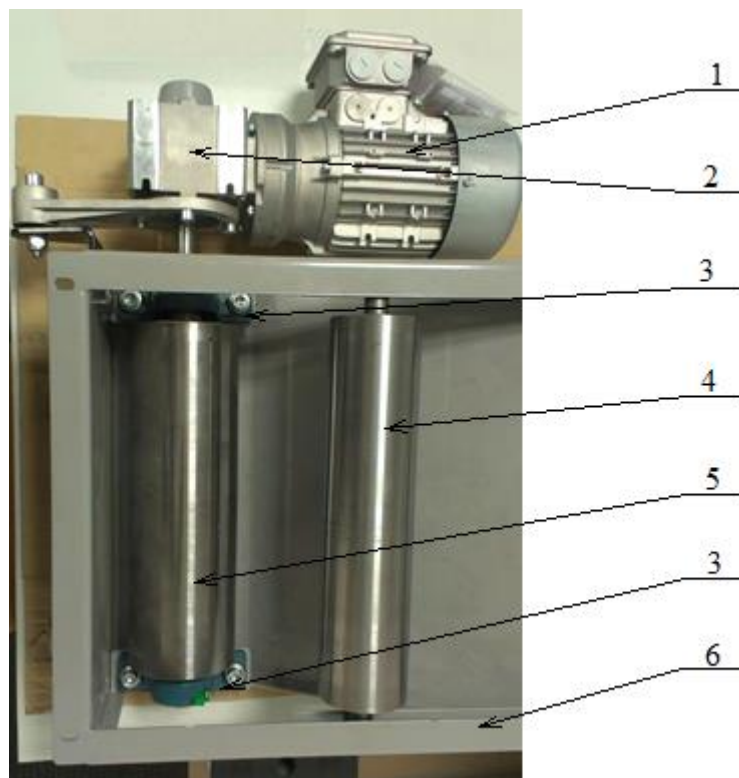
Obrázek 7.3 Ložisko uložené a) s kartáčem s mikrovláknny, b) bez kartáče [19]

8 ANALÝZA PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Pro svoji bakalářskou práci jsem si k analýze vybral, po dohodě s vedoucím práce, pohon pásového dopravníku.

8.1 Pohon pásového dopravníku

Skládá se z elektromotoru, šnekové převodovky, dvou polštářových ložiskových bloků, hnacího bubnu, napínacího válečku a kostry, která drží celé zařízení dohromady. Popis celého soustrojí na obrázku 8.1. Pásové dopravníky se používají k přemísťování různého materiálu průmyslového, potravinářského charakteru atd.





Obrázek 8.1 Popis celého soustrojí [18]

Legenda: 1 – elektromotor, 2 – šneková převodovka, 3 – polštářové bloky ložisek, 4 – hnací válec, 5 – napínací válec, 6 – kostra.

8.1.1 Elektromotor

Shrneme si vlastnosti motoru, který pohání celý dopravník. Podle údajů na štítku motoru (obrázek 8.2) se jedná o třífázový asynchronní motor s kotvou nakrátko od firmy NORD DRIVESYSTEMS. Jmenovitý výkon 0,37kW řadí tento motor mezi motory s malým výkonem, napájecí napětí pro zapojení do hvězdy je 400V, pro zapojení do trojúhelníku 230V. Proto tento motor není konstruován pro použití přepínače hvězda/trojúhelník v běžné třífázové síti, protože jeho statorová



vinutí jsou určena pro napájecí napětí 230V a velikost jeho výkonu nevyžaduje použití žádných prostředků pro snížení proudového nárazu při startu. Počet otáček rotoru 1380 min^{-1} . Jmenovitý proud při zapojení do trojúhelníka je 1,89A a hvězdy 1,09A. $\cos \varphi$ neboli účinník je 0,71. Účinnost motoru je pouhých 67%, ale u nízko výkonového motoru je to standart. Krytí IP 55 značí ochranu zařízení před vniknutí vody a prachových částic.

  NORD DRIVESYSTEMS			
Type SK 71L/4			
3~Mot.	No. 32510020		23880236
Th.Cl.155(F)	IP 55		IEC 60034 (H)
50 Hz	230/400 VΔ/Y	60 Hz	265/460 VΔ/Y
1.89/1.09 A	0.37 kW	1.82/1.05 A	0.43 kW
$\cos \varphi$ 0.71	1380 min^{-1}	$\cos \varphi$ 0.72	1680 min^{-1}
220-240/380-420 VΔ/Y		254-277/440-480 VΔ/Y	
1.85-1.92/1.07-1.12 A		1.82-1.87/1.05-1.08 A	
$\eta = 67.0\%$	$T_{\text{amb}} -20...+45$		$\eta = 70.9\%$

Obrázek 8.2 Štítek elektromotoru [18]

8.1.2 Šneková převodovka

Šnekové převodovky jsou určeny pro pohon dalšího zařízení v našem případě válce pásového dopravníku. Podle údajů na štítku Šnekové převodovky (obrázek 8.3) pochází od firmy NORD DRIVESYSTEMS. Váží 9,6 kg, část hmotnosti tvoří mazavý olej v převodovce. Šneková převodovka je spojená na společné hřídeli s motorem a převádí výstupní otáčky elektromotoru 1380 min^{-1} na snížené otáčky 110 min^{-1} . Převodový poměr vychází na 12,5 a výstupní moment je 26Nm.

		NORD DRIVESYSTEMS	
		NORD Czech Republic	
		104 00, Praha	
Type SK 1SI40-IEC71-71L/4			
		S1	2017
	No. 202008040-100		25356255
M₂26	Nm	i 12,50	U
P₁ 0,37	kW	n₂ 110 min ⁻¹	
 9,6	kg	CLP PG 680	0,055
		fB 1,60	

Obrázek 8.3 Štítek šnekové převodovky [18]

8.1.3 Polštářové bloky typu ložisko

Na kostře jsou upevněné dva polštářové bloky typu P204, vážící 0,66kg a velikost šroubku je M10. Polštářový blok je sedlo sloužící k zajištění rotační hřídele pomocí ložisek a různých doplňků (viz obrázek 8.4.).



Obrázek 8.4 Ložisko v polštářovém bloku [18]

8.1.4 Hnací válec

Hnací válec má za úlohu přenášet obvodové síly z válce na dopravní pás. Hnací válce jsou svařované konstrukce a plášť je ze svinutého ocelového plechu.

8.1.5 Napínací válec

Napínací válec je uložen na kostře v posuvných saních. Pomocí napínacích šroubů změním polohu válce a dojde k napnutí pásu. Napínání se musí provádět rovnoměrně, jinak dochází ke sbíhání pásu. Ukázka napnutého pásu je zobrazená na obrázku 8.5.



Obrázek 8.5 Správně napnutý pás pomocí napínacího válce [13]

8.1.6 Kostra

Kostra je představována ocelovou konstrukcí, která drží všechny výše popsané součásti pohonu pohromadě. Celý tento blok se zachytí na konstrukci pásového dopravníku. Ukázky zachycení jsou zobrazeny na obrázku 8.6 pro vodorovné a šikmé zachycení.



Obrázek 8.6 Zachycení pohonu na pásový dopravník a) vodorovně, b) šikmě [13]

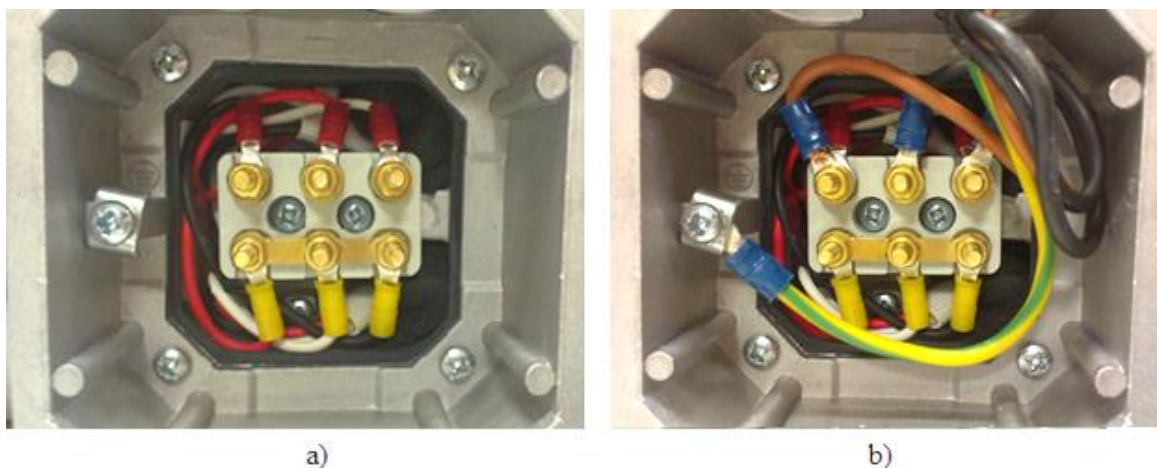
8.2 Postup kontroly

Pro úplnost prováděné revize nelze opomenout žádnou z jejich částí, jako je prohlídka, zkoušení a měření.

8.2.1 Prohlídka

Během prohlídky celkového stavu zařízení (viz kapitola 3.1 Prohlídka) nebyla zjištěna žádná viditelná závada. Všechny šroubové a jiné spoje jsou pevně spojeny, nic nevrže. Válec je pevně usazen do polštářových držáků s ložisky. Na hnací válec se musí vyvinout velký tlak, aby se otočil, protože šneková převodovka brání plynulému otáčení. U větších motorů by bylo nemožné pootočení hřídele. Na ventilátoru nebyl přítomný prach a při otáčení válce se pohyboval bez problémů. Ze zařízení při otáčení nevycházel žádný zvuk, který by indikoval závažnou poruchu.

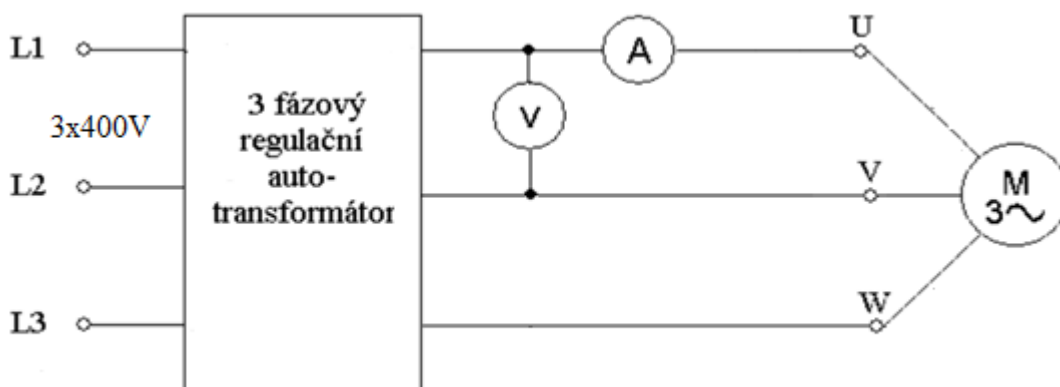
Po celkové prohlídce stavu soustrojí se sundáním krytu otevřela svorkovnice. Vevnitř se nachází šest vývodů, které byly spojené do hvězdy (viz obrázek 8.7.). Izolace vodičů nebyla nijak porušená.



Obrázek 8.7 Otevřená svorkovnice 3f asynchronního motoru zapojená do hvězdy a) po otevření, b) po zapojení fází a PEN [18]

8.2.2 Zkouška

Před zkouškou se zařízení zapojilo do sítě 3x400V přes autotransformátor na jmenovité hodnoty podle štítku uvedeném na elektromotoru (viz obrázek 8.8). Vyzkoušel se chod jedním směrem a výměnou dvou fází chod reverzní. Při zkoušce se neobjevila žádná porucha, jako nadměrný hluk motoru, převodovky nebo ložisek. Mohlo se v klidu pokračovat k měření.



Obrázek 8.8 Schéma zapojení při měření nakrátko [18]

8.2.3 Měření

Nejprve se změřily izolační odpory megmetem. Měření se provádělo mezi každou fází a kostrou motoru a následně mezi fázemi. Ve všech případech měření izolačního odporu se změřilo 500 M Ω , viz tabulka 8.1.

Tabulka 8.1 Změřené hodnoty izolačních odporů

R_{L1-PEN} [M Ω]	R_{L2-PEN} [M Ω]	R_{L3-PEN} [M Ω]	R_{L1-L2} [M Ω]	R_{L1-L3} [M Ω]	R_{L2-L3} [M Ω]
500	500	500	500	500	500

Dále se změřil odpor jednotlivých přívodních kabelů od autotransformátoru ke svorkovnici. Použil se kabel 4 svazkový s odporem 0,01 Ω pro jeden svazek. Následně se změřil odpor jednotlivých fázových vinutí pomocí EASY testu, ale zařízení zobrazilo chybovou hlášku. Proto jsem použil multimetr, který zobrazil hodnotu kolem 21 Ω . EASY test měl maximální měřicí rozsah do 20 Ω , to vysvětluje zobrazování chybného měření. Jednotlivé odpory vinutí jsou v tabulce 8.2.

Tabulka 8.2 Změřené hodnoty odporu fázových vinutí a kabelu

R_{1-4} [Ω]	R_U [Ω]	R_V [Ω]	R_W [Ω]
0,01	21,2	21,2	21

Měřením izolačních odporů se zjistí, jestli není izolace nějak porušená. Všude bylo změřeno 500 M Ω , můžeme motor uvést pod napětí a změřit hodnoty naprázdno. Na regulovatelném autotransformátoru se nastavilo 400V, tato hodnota se ověřila voltmetrem zapojeným mezi fází L1 a L2. Již při 70 V se motor začal otáčet. Po dosažení jmenovitého napětí se odečet proud naprázdno I_0 a změřili se otáčky naprázdno n_0 na hnacím válci mechanickým otáčkoměrem viz tabulka 8.3.

Tabulka 8.3 Změřené hodnoty napětí, proudu a otáček naprázdno

U_0 [V]	I_0 [A]	n_0 [min^{-1}]
400	0,8	120

8.2.4 Vyhodnocení měření

Při otáčkách naprázdno na hnacím válci $n_0=120 \text{ min}^{-1}$ protékal střídavý proud naprázdno $I_0=0,8 \text{ A}$ při napětí naprázdno $U_0=400 \text{ V}$. Tím se potvrdila funkčnost pohonu pásového dopravníku. Jeho stav je vyhovující.

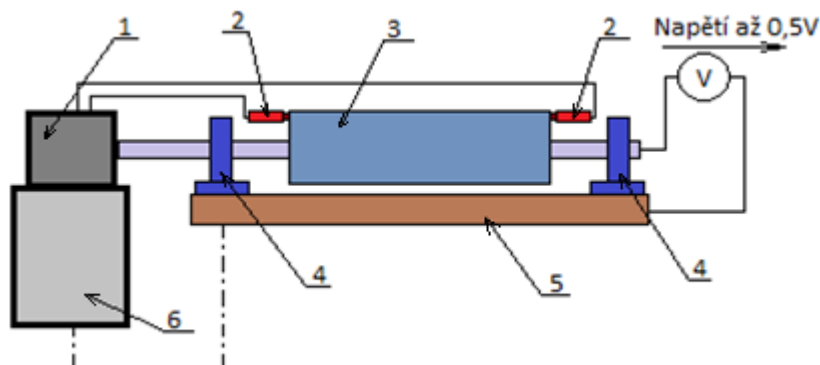
Během provozu byly otáčky plynulé, žádné viditelné výkyvy, bez doprovázení zvukových nebo vibračních vjemů. U pásových dopravníků se často objevuje nežádoucí elektrostatický náboj. Výboje vznikající na ložisku snižují jejich životnost, proto doporučuji v následujících kapitolách některé prostředky k eliminaci nežádoucího ložiskového proudu.

8.3 Použité přístroje

- Měřič odporu GHV – megmet IMEG 1000N SAP: 001000198742-0000
- EASY TEST MA 2064 ILKO reg. č. 600-OR-025-03
- Digitální multimetr Metrex M-3800 v. č. 936973
- Mechanický otáčkoměr Hasler a Bern v. č. 188367
- Zkoušečka ZN1 EfČ
- Ampérmetr MTL 10A SAP: 001000051022-0000

8.4 Návrh eliminátoru

Podle teoretických poznatků víme, že na motoru trpí ložiska ložiskovým proudem. Ale disponovaný motor je malého výkonu, a je spouštěný autotransfornátorem. Ve své práci se budu zabývat návrhem eliminace elektrostatického náboje, který vzniká na hnacím válci a negativně snižuje životnost ložisek. Celkem jsem navrhl tři eliminátory, z toho dva používají ke svodu proudu kartáče. Teoretické řešení je znázorněno na obrázku 8.9.



Obrázek 8.9 Návrh sběracího kontaktu aplikovaný na zadané soustrojí [18, 20]

Legenda: 1 – převodovka, 2 – elektricky vodivý sběrací kontakt, 3 – hnací válec, 4 – ložiska, 5 – kostra, 6 – elektrický motor.

8.4.1 Kartáčový kontakt

Navržený eliminátor je představován kartáčem, který dotykem s hnacím válcem svádí náboj do uzemněné kostry. První návrh je určený pro konstrukci bez krytu pohonu pásového dopravníku, kartáč směřuje na boční stranu válce (podstavu válce). Druhý návrh je určen pro uzavřenou konstrukci s nainstalovaným krytem, kartáče směřují na plášť válce.

Pro omezení ložiskových proudů jsem použil kovografitový kartáč se svinutou pružinou, znázorněný na obrázku 8.10.



Obrázek 8.10 Kovografitový kartáč [18]

Základní funkce držáku kartáče je zajistit správné upevnění a volný pohyb kartáče v ose kolmé na válec. Na obrázku 8.11 je znázorněný držák kartáče z mosazi, který jsem použil.



Obrázek 8.11 Držák kartáče [18]

Podpěrná konstrukce uchycená na kostře soustrojí správně podpírá držák s kartáčem kolmo k válci. Podpěrnou konstrukci jsem navrhl s ohledem na nepoškození celé sestavy, aby se nemuselo nic na kostru vrtat, svářet, lepit a jiné. Podpěra z plechu o tloušťce 2 mm se přichytí na připravené závity pro kryt od výrobce, a to šroubem o průměru 5 mm s podložkou a maticí. Doporučuji použít uzamykací pastu, která zabrání povolení spoje. Na obrázku 8.12 je znázorněná zhotovená podpěra s připájeným držákem kartáče.



Obrázek 8.12 První verze podpěrná konstrukce [18]

Svod elektrického proudu jsem řešil izolovaným měděným vodičem, který se spojí s uzemněnou kostrou. Na obrázku 8.13 je ukázka první verze návrhu připevněného kartáčového eliminátoru z levé strany blíž k elektromotoru.



Obrázek 8.13 Připojená první verze kartáčového eliminátoru

U druhé verze kartáčového eliminátoru se počítalo s nasazeným krytem, takže jsem musel přivést kartáč na plášť válce. Podpěrnou konstrukci stačilo prodloužit o pár centimetrů, uchycení ke kostře je řešeno stejně, jako u první verze. Na obrázku 8.14 je ukázka druhé verze levé podpěrné konstrukce bez držáku kartáče.



Obrázek 8.14 Druhá verze podpěrné konstrukce [18]

Svod elektrického proudu je řešen stejným způsobem, jako u první verze, měděný izolovaný vodič spojený s uzemněnou kostrou. Ukázka namontované druhé verze kartáčového kontaktu je znázorněna na obrázku 8.15, eliminátor je na levé straně blíž k elektromotoru.



Obrázek 8.15 Připojená druhá verze kartáčového eliminátoru [18]

8.4.2 Bezkartáčový kontakt

Bezkartáčový svod kov-kov je druhý způsob svodu elektrostatického náboje z povrchu válce. Jednoduchost a malý rozměr patří mezi výhody bezkartáčového kontaktu, který je znázorněný na obrázku 8.16. vlevo s držákem, vpravo bez držáku. Dále u bezkartáčového kontaktu se nevytváří vrstvička filmu na povrchu válce. Kov-kov kontakt je více náchylný na jiskření.



Obrázek 8.16 Bezkartáčový kontakt vlevo s držákem, vpravo bez držáku [18]

Podpěrnou konstrukci u bezkartáčového kontaktu jsem použil stejnou, jako u druhé verze kartáčového kontaktu. Odlišný je úhel ohnutí a menší rozměr pájené části pro držák kontaktu.

Svedení elektrostatického náboje z válce přes kontakt kov-kov je řešen měděným izolovaným vodičem na uzemněnou kostru pásového dopravníku. Ukázka levého bezkartáčového kontaktu je znázorněna na obrázku 8.17.



Obrázek 8.17 Bezkartáčový kontakt [18]

9 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce slouží k seznámení se s problematikou a významem provádění revizí u elektrických zařízení. Konkrétně u pohonu pásového dopravníku od firmy NORD DRIVESYSTEMS, skládající se z třífázového asynchronního motoru s kotvou nakrátko, šnekové převodovky, hnacího válce, napínacího válce a kostry na které je vše pevně uchycené. Byla zde řešena problematika praktické přípravy pro zahájení zkoušek. Pásový dopravník vyhověl a je tedy vhodný k bezpečnému provozu.

V bakalářské práci byly rovněž zpracovány příčiny vzniku elektrostatického náboje, typické poruchy elektromotoru, valivých ložisek. Podrobněji je zpracovaný vznik ložiskového proudu. Elektrická pevnost ložiska závisí na elektrických vlastnostech maziva, ale i na tloušťce vrstvy maziva. Tloušťka závisí na otáčkách, viskozitě maziva a teplotě.

Vyhodnocením zpracovaných poznatku dospějeme k potřebě zamezení výskytu ložiskových proudů, které vznikají prostřednictvím často používaných frekvenčních měničů nebo prostřednictvím vzniklého elektrostatického náboje na hnacím válci. Zabránění ložiskových proudů lze pomocí izolovaným ložiskem, uzemňovacím kartáčem, nebo kombinací obou řešení. V práci jsem se zabýval navržením elektricky vodivého sběracího kontaktu, který se dotýká hnacího válce. Zabráňuje výbojům na ložisku a následujícím průchodu proudu.

Inovovaným kontaktem, kterým jsem se zabýval, se řeší problémy stávajících klasických kluzných kontaktů. Především prodloužení životnosti kluzného kontaktu za různých okolních podmínek a provozních režimů. Inovovaný kluzný kontakt obsahuje speciální vrstvy, z nichž poslední je teflonová vrstva, která má příznivý vliv na průběh komutace, výrazně snižuje opotřebení kluzného kontaktu a zvyšuje životnost třecího uzlu. Uplatnění inovovaných kluzných kontaktů můžeme nacházet v široké technické praxi, u různých elektrických strojů a zařízení, například u elektrické trakce, výrobě elektrické energie, ručního náradí, atd.

Literatura

- [1] HONYŠ, V., *Revize elektrických zařízení*. Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00168-4
- [2] TRÍSKA, J., *Měření při revizích elektrických zařízení*. Praha: SNTL, 1986. Praktické elektrotechnické příručky
- [3] VESELKA, F., HUZLÍK, R. *Inspekční a revizní činnost: laboratorní a numerická cvičení*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 9788072045679
- [4] ROŠKOTA, S., *Elektrická příručka 1980*. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1979.
- [5] ŠKEŘÍK, J., *Receptář pro elektrotechnika*. Vydání třetí. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
- [6] *Oborový portál pro BOZP* [online]. 2014 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/odborna-zpusobilost-pracovniku-v-elektrotechnice-nektere-souvisejici-predpisy>
- [7] *ODBORNÁ ZPŮSOBILOST V ELEKTROTECHNICE* [online]. 2016 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/pred_ZEP/Odborna%20zpusobilost.pdf
- [8] *ANTI STATIC BARS type EP-SH-N* [online]. 2016 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <https://www.lontech.cz/files/ep-sh-n/antistaticke-tyce-ep-sh-n-specifikace.pdf>
- [9] *Provozní podmínky strojů* [online]. 2013 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: https://theses.cz/id/xhzzrg/Bakalsk_prce-Milan_Hron.pdf
- [10] *Převodovka B1000* [online]. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/B1000_CZ_6052810_3816_screen.pdf
- [11] *Přehled a zapojení motorů* [online]. 2013 [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/text-prehled-a-zapojeni-motoru/>
- [12] *Návod k obsluze* [online]. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <http://www.elektromotory-soucek.cz/file.php?nid=2960&oid=330750>
- [13] *Pásové dopravníky* [online]. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <http://www.atyko.cz/cs/dopravniky-atyko/typy-dopravniku/pasove-dopravniky/>
- [14] *Zkoušky, revize a kontroly elektrické části strojních zařízení* [online]. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/zkousky-vychozi-revize-kontroly-a-pravidelne-revize-elektricke-casti-strojnich-zarizeni--13083>
- [15] *Revize elektro Říčany* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <http://www.revize-elektro-ricany.cz/revizni-zprava/>
- [16] *Antistatické tyče* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.lontech.cz/antistaticke-tyce.html>
- [17] *Poruchy ložisek* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.sczl.cz/download/download/2011-boretice/13-zkl-kotlan-vady-lozisek.pdf>
- [18] Vlastní zdroj 2017

- [19] CHMELÍK, K., Jiří FOLDYNA. Prostředky pro zamezení znehodnocování ložisek elektrickým proudem. *Časopis elektro* [online]. 2008, 5 [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37488.pdf>
- [20] VESELKA, F., Poskytnutý komponenty a materiály: [26], [27] 2017.
- [21] HUDECZEK, M.: *Zvyšování spolehlivosti asynchronních elektromotorů včetně poháněných strojů*. Albrechtice: Hudeczek Service, 2011. ISBN 978-80-905032-0-5
- [22] CHMELÍK, K., František VESELKA. *Kluzný kontakt v elektrických strojích*. Ostrava: Key Publishing, 2007. ISBN 978-80-87071-59-5.
- [23] ČSN CLC/TS 60034-25 (35 0000). Točivé elektrické stroje.
- [24] GAJDŮŠEK, J., Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1988. ISBN 1524.
- [25] ČSN 33 1500, Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení
- [26] ROUBÍČEK O. *Matematická reprezentace pásového dopravníku jako dynamické zátěže elektrického proudu*. 1983, Elektrotechn. obzor 72 čís. 5-6.
- [27] ROUBÍČEK O., Petr TUŠLA. *Výzkum mezních případů rozběhu dopravníku dálkové pásové dopravy na matematickém modelu a problémy racionálního dimenzování*. 1985, Elektrotechn. obzor 74 čís. 10.

Seznam použitých symbolů, veličin a zkratk

FEKT	-	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	-	Vysoké učení technické v Brně
$\cos \varphi$	[-]	Účinník
ČSN	-	Československá norma
f	[Hz]	Frekvence
I	[A]	Jmenovitý proud
I_0	[A]	Proud naprázdno
ISO	-	Mezinárodní organizaci pro normalizaci
L1	-	Označení první fáze
L2	-	Označení druhé fáze
L3	-	Označení třetí fáze
M	[Nm]	Moment
m	[kg]	Hmotnost
n	[min ⁻¹]	Otáčky
n_0	[min ⁻¹]	Otáčky naprázdno
P	[W]	Jmenovitý výkon
PEN	-	Označení pro ochranný vodič
R_0	[Ω]	Povrchový odpor
R_{1-4}	[Ω]	Odpor kabelu 1 až 4
R_i	[Ω]	Izolační odpor
R_{L1-L2}	[Ω]	Izolační odpor mezi první a druhou fází
R_{L1-L3}	[Ω]	Izolační odpor mezi první a třetí fází
R_{L2-L3}	[Ω]	Izolační odpor mezi druhou a třetí fází
R_{L1-PEN}	[Ω]	Izolační odpor mezi první fází a ochranným vodičem
R_{L2-PEN}	[Ω]	Izolační odpor mezi druhou fází a ochranným vodičem
R_{L3-PEN}	[Ω]	Izolační odpor mezi třetí fází a ochranným vodičem
R_U	[Ω]	Odpor fázového vinutí U
R_V	[Ω]	Odpor fázového vinutí V
R_W	[Ω]	Odpor fázového vinutí W
T_{amp}	[°C]	Provozní teplota
U	[V]	Jmenovité napětí
U_0	[V]	Napětí naprázdno
v	[ms ⁻¹]	Rychlost pohybu pásu
ρ	[Ωm]	Rezistivita
η	[%]	Procentní účinnost

Příloha

Revizní zpráva

Druh revize

- Jednalo se o revizi provedenou v možném rozsahu revize výchozí.

Datum revize

- Revize probíhala od 23.10.2017 do 15.12.2017.

Jméno a příjmení revizního technika

- Erik Kledus, ID: 162633
- Osvědčení: §6 vyhlášky 50/1978 Sb.

Vedoucí práce

- doc. Ing. František Veselka, CSc.

Vlastník

- Pohon byl zapůjčený

Revidovaný objekt

- Pohon pásového dopravníku

Zdroj napájení

- Byl použit regulovatelný autotransformatorem napětí 3x400 V.

Ochrana před nebezpečným dotykem

- Základní ochrana autotransformátoru je provedena krytím IP20.
- Při poruše je to samočinným odpojením od zdroje.
- Doplnkovou ochranu tvoří ochrana proudovým chráničem a ochranné pospojování

Rozsah revize

- Pohon pásového dopravníku, který se skládá z 3f asynchronního motoru s kotvou nakrátko, šnekové převodovky s převodem do pomala, hnacího válce, napínacího válce, 2x ložiskového domku a kostra, která všechno drží pohromadě.

Provedené úkony

- Kontrola značení a štítku, pevnosti šroubových spojení svorek. Kontrola všech částí z hlediska poškození. Kontrola izolace vnitřních elektrických rozvodů spotřebičů. Kontrola, zda lze rotor snadno pootočit. Kontrola ložisek a maziva. Kontrola průchodnosti větracích otvorů. Kontrola přívodů.
- Měření izolačních odporů fázových vodičů a kostrou pomocí přístroje IMEG. Měření odporu jednotlivých fázových vodičů a vinutí motoru pomocí přístroje Metrex. Měření výstupních otáček na hnacím válci pomocí mechanického otáčkoměru.

Použité přístroje

- Měřič odporu GHV – megmet IMEG 1000N SAP: 001000198742-0000
- EASY TEST MA 2064 ILKO reg. č. 600-OR-025-03
- Digitální multimetr Metrex M-3800 v. č. 936973

-Mechanický otáčkoměr Hasler a Bern v. č. 188367

-Zkoušečka ZN1 EfČ

-Ampérmetr MTL 10A SAP: 001000051022-0000

Zjištěné závady a nedostatky

- Nebyly zjištěny žádné závady a nedostatky.

Závěr revize

- Zařízení je schopno bezpečného provozu. Podle teoretických předpokladů vzniká na hnacím válci elektrostatický náboj, který ničí průchodem ložiskem ložiska. Doporučuji ho eliminovat některým kartáčovým, bezkartáčovým, nebo jiným eliminátorem.